

Petri Jalkanen

Otantamenetelmien vaikutuksia leimikon hinnoitteluun ja menetelmä puunostajan hinnoittelukustannusten laskemiseksi

Jalkanen, P. 1996. Otantamenetelmien vaikutuksia leimikon hinnoitteluun ja menetelmä puunostajan hinnoittelukustannusten laskemiseksi. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1996(2): 133–156.

Työssä tutkittiin relaskooppiotannan, ympyräkoelaotannan ja lähimpien puiden otannan ominaisuuksia leimikon hinnoittelussa. Otantamenetelmiä tutkittiin simuloimalla maasto-otantoja viidestä eri leimikosta, jotka on mitattu eri puolilta Itä-Suomea. Leimikkoaineistosta on mitattu puiden koordinaatit sekä useita laadusta ja runkomuodosta kertovia tunnuksia. Tutkimuksessa esitetään hinnoitteluperiaatteet, joiden perusteella vertaillaan hinnoittelumenetelmiä ja kehitetään menetelmä hinnoittelukustannusten laskemiseksi. Hinnoittelumenetelmät rakentuvat otantamenetelmästä ja hintalaskelmasta. Hintalaskelma perustuu runkohinnoitteluun. Kaikissa tutkituissa hinnoittelumenetelmissä käytettiin samaa hintalaskelmaa ja otannan vaikutusta hintoihin tutkittiin laskemalla menetelmien harhat tarkkojen kauppahintojen suhteen. Hinnoittelukustannusten laskennassa hinnoittelun kokonaiskustannukset jaettiin kahteen erikseen laskettavaan osaan, kauppahinnan hajonnasta koituviin kustannuksiin ja työn kustannuksiin. Tulosten mukaan relaskooppiotannat sopivat parhaiten runkohinnoitteluun. Harhavertailut osoittivat, että hintalaskelma on sovitettava käytetyn otantamenetelmän mukaan suurien harhojen välttämiseksi hinnoittelussa.

Asiasanat: runkohinnoittelu, hinnoittelumenetelmät, leimikot, otantamenetelmät
Kirjoittajan osoite: Riuttatie 26, 19210 Lusi
Hyväksytty 22.7.1996

1 Johdanto

Raakapuumarkkinat eroavat muista raaka-ainemarkkinoista monessa suhteessa. Erot myyjien ja ostajien välillä ovat suuria ja raaka-aine on jakautunut laajalle alueelle. Myyjien lukumäärä on

merkittävästi suurempi kuin ostajien. Yhteisömyyjien osuus kaikesta myydyistä puusta vaihtelee vuosittain 20–30 %:n välillä ja loput tulevat yksityismetsistä (Tapion Taskukirja 1994). Puun hintaa raakapuumarkkinoilla säätelevät mm. metsäteollisuustuotteiden hinnat maailmanmarkkinoilla ja puun kysynnän suhde tarjontaan. Oman värinsä raaka-

puumarkkinoihin tuovat suuret alueelliset erot Suomessa. Ostajien puun käyttö sekä lukumäärä ovat erilaisia eri alueilla. Myös puutavaralajien saatavuus vaihtelee alueellisesti. Metsäteollisuustuotteiden hinnat muuttuvat koko ajan ja aika ostohetkestä lopputuotteen myyntihetkeen vaihtelee, joten ostaja joutuu ennustamaan tuotteidensa markkinoiden kehittymistä ostohetkellä puustamaksukykyssä selvittämiseksi. Aika puun ostohetkestä lopputuotteen myyntihetkeen on pisimmillään jopa useita vuosia ja keskimäärinkin noin puoli vuotta (Lallukka 1986).

Puun hinta raakapuumarkkinoilla riippuu lopputuotteiden myyntihintojen ja puun laadun avulla määriteltävästä puun arvosta. Hinnan ja arvon väliin on jäätävä marginaali peittämään hankinta- ja jalostuskustannukset sekä mahdolliset voitto-odotukset. Kysyntä ja tarjonta raakapuumarkkinoilla voi kasvattaa tai pienentää marginaalia, mutta puutavaralajien hinnanmuodostuksen perustaan, metsäteollisuustuotteiden maailmanmarkkinahintoihin, suomalaisilla raakapuumarkkinoilla on vähän vaikutusta. Hinnoittelu sellaisenaan heijastelee myös markkinoiden toimivuuteen. Tämä ilmenee mm. siten, että metsänomistajien luottamus laatuhinnoittelun toimivuuteen voi tukea puun tarjontaa.

Jos raakapuumarkkinoilla on samoja puueriä tavoittelevia laadun mukaan hinnoittelevia ostajia, vakiohintaa käyttävät ostajat tulevat saamaan näiltä markkinoilta hinta-laatu-suhteeltaan heikkoja puueriä. Puun hinnoittelu on ostajille usein kannattavaa laadusta johtuvien hankintatappioiden pienentämiseksi. Hinnoittelun tekee kannattavaksi leimikoiden puutavaralajierien arvoerot. Mitä suurempia voivat olla tiettyä puutavaralajia sisältävien erien arvoerot eri leimikoissa, sitä kannattavampaa on kyseisen puutavaralajin hinnoittelu. Hinnoittelun merkitys ostajalle riippuu tarvittavista puutavaralajeista, jalostusmenetelmistä, lopputuotteista ja raakapuun hankinta-alueesta.

Raakapuu voidaan periaatteessa hinnoitella miltei missä tahansa korjuuketjun vaiheessa kannolta tehtaan tuotantoprosessin alkuun. Puun hinnoittelu pystyy jo leimikolla on eniten käytetty menettely, koska ostajan on usein kyettävä esittämään leimikosta hintatarjous ja solmimaan kauppa tai hakkuusopimus ennen kuin leimikolla voidaan tehdä muita toimenpiteitä. Hinnoittelu hakkuun yh-

teydessä tai tuotantolaitoksella vaatii luottamusta kaupan osapuolten kesken eikä myyjän ole helppo vertailla ostotarjouksia ennen myyntipäätöksen tekoa täsmällisten hintojen puuttuessa. Pystyhinnoittelussa puun hankinnan ohjaamisessa tarvittavat tiedot puutavaralajien tilavuuksista ovat laskettavissa ostetuista leimikoista jo kaupantekohetkellä, jos ostaja käyttää sellaista hinnoittelumenetelmää, jossa hinta lasketaan otannalla kerätyn koepuujoukon avulla.

Tutkimuksen tavoitteena on esittää menetelmä hinnoittelun kustannusten laskemiseksi ja erilaisen hinnoittelumenetelmien vertailemiseksi. Hinnoittelun kustannukset voidaan jakaa työn kustannuksiin ja hinnoittelun tarkkuuden aiheuttamiin hankintatappioihin. Työn kustannusten lisääminen parantaa hinnoittelun tarkkuutta, joten kustannuslajit ovat vaikutuksiltaan vastakkaisia toisilleen. Raportissa esitetään myös eräitä keskeisiä hinnoitteluun liittyviä sääntöjä, sillä ilman tietämystä hinnoitteluperusteista ja hinnoitteluun liittyvistä yleisesti pätevistä matemaattisista säännöistä ei ole mahdollista arvioida hinnoittelumenetelmien kelvollisuutta hinnoitteluun ja niiden paremmuutta toisiinsa nähden.

Aikaisempien hinnoittelumenetelmien (Maataloustuottajain... 1990) kyky reagoida raakapuun laatuun on myös asetettu kyseenalaiseksi (Uusitalo 1989, Hakala 1992, Jalkanen 1993). Esim. hintasuositussopimuksessa (Maataloustuottajain... 1990) määritetty järeiden mukainen mäntytykin hintaporras ei vastaa sahojen puustamaksukykyä (Hakala 1992). Tätä tutkimusta on kuitenkin rajattu siten, että hinnoitteluun liittyviä periaatteita käytetään pääosin tutkimuksessa esiintyvien hinnoittelumenetelmien puutteiden ja korjaustarpeiden paljastamiseen. Rakenteeltaan uusien hintalaskelmien luomiseen tarvitaan erillinen tutkimushanke asian laajuuden vuoksi.

Tässä tutkimuksessa käsitellään pystyhinnoittelua, jossa hinnoittelumenetelmä koostuu otantamenetelmästä ja hintalaskelmasta. Otantamenetelmän avulla kerätään leimikosta koepuujoukko ja hintalaskelmalla koepuujoukon informaatio muutetaan hinnoiksi. Leimikon hinnoittelussa käytetään termiä perusleimikko, jonka hintaan vaikuttavat ominaisuudet on asetettu tietyiksi. Ominaisuuksia ovat esim. korjuukustannuksiin vaikuttava puuston ti-

heys ja laatuun vaikuttava puiden järeys. Perusleimikon avulla määritellään perushinnat. Hinnoittelu on perushintojen muuttamista siten, että ne vastaavat hinnoiteltavan leimikon kustannuksia ja laatua.

Tutkimuksesta voidaan erottaa kaksi laajempaa teoreettista tarkastelua. Ensimmäinen tarkastelu, hinnoittelun matematiikkaa (kappale 2.1), esittelee hinnoittelun periaatteita ja matematiikkaa. Hinnoitteluperiaatteiden selvittämisessä oletetaan, että puun ostaja on kiinnostunut sellaisesta hinnoittelusta, jossa raaka-aineen hinta määräytyy sen jalostusarvon mukaisesti. Puustamaksukyvyyn sekä voittomarginaalien määrittely jätetään yrityksille; vain se selvitetään, miten leimikoiden puuston laatu on muutettavissa harhattomasti yksikköhinnoiksi. Matemaattista tarkastelua käytetään hinnoittelumenetelmien arvioimiseen sekä rajoitetusti hintalaskelmassa mm. siksi, että hinnoitteluun soveltuvaa tietoa puutavaralajien ominaisuuksien vaikutuksesta arvoon on niukasti. Toinen teoreettinen tarkastelu, hinnoittelukustannusten muodostuminen, sisältyy kappaleeseen 2.4. Tässä tarkastelussa johdetaan periaatteet hinnoittelun tarkkuuden kustannusten laskentaan. Hinnoittelun tarkkuudella tarkoitetaan hinnoittelumenetelmän virhettä ja harhaa. Hinnoittelun tarkkuutta käsitellään erikseen virheen ja harhan kannalta, koska hinnoittelumenetelmillä on kaikilla samanlainen hintalaskelma mutta erilaiset otantamenetelmät. Hintalaskelmia ei ole sovitettu erikseen kullekin otantamenetelmälle. Huomiota ei tule täysin keskittää siihen, millainen on tutkimuksessa käytetyn hintalaskelman rakenne. Hintalaskelmalle asetettavat vaatimuksethan riippuvat puuta ostavasta yrityksestä. Keskeisiä ovat hinnoittelumenetelmien ominaisuudet ja ne keinot, joilla ominaisuudet saadaan esiin. Periaatteet ovat avoimia sovellettavaksi mihin tahansa hinnoittelumenetelmään.

2 Tutkimusmenetelmä ja aineisto

2.1 Hinnoittelun matematiikkaa

Kaikessa puutavaralajien hinnoittelussa on voimassa keskihintasääntö; puutavaralajierän keskimääräinen yksikköhinta on kaikkien erään sisältyvien

ko. puutavaralajia edustavien kappaleiden yksittäisten arvojen painotettu keskiarvo. Painotus on tehtävä sen mukaan, mitä hinnoitteluyksikköä käytetään. Käytettävä yksikköhinta on mk/m^3 ja siten keskihintasääntö on

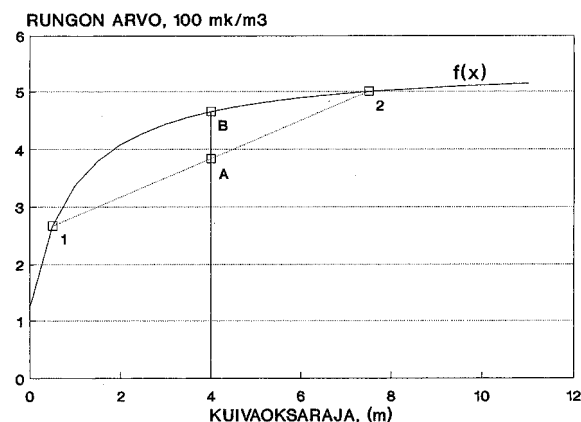
$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i \cdot v_i)}{\sum_{i=1}^n v_i} \quad (1)$$

jossa v on hinnoiteltavan puutavaralajia edustavan kappaleen tilavuus, p on kappaleen hinta, n on hinnoiteltavan erän kaikkien kappaleiden lukumäärä ja \bar{p} on puutavaralajierän keskihinta.

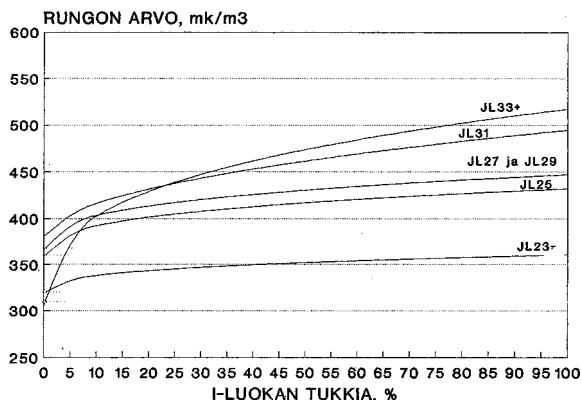
Hinnoittelussa on käytetty puustotunnuksia, jotka ovat otannalla kerätyn koepuujoukon runkotunnusien keskiarvoja (Maataloustuottajain... 1990). Koeputoujoukot on kerätty vaihtelevilla otantamenetelmillä ja runkotunnusien keskiarvot on laskettu eri tavoin. Keskihintasäännön noudattaminen edellyttää keskiarvojen laskemisen sitomista otantamenetelmään. Laskentatapa on määriteltävä sen mukaan, mitkä tekijät vaikuttavat runkojen todennäköisyyteen tulla koeputiksi käytetyssä otantamenetelmässä. Jos käytetään esimerkiksi otantamenetelmää, jossa puiden todennäköisyys tulla valituiksi koeputien joukkoon perustuu puhtaasti tilavuuteen, keskiarvot on laskettava kappaleiden mukaan ilman tilavuuspainotusta.

Jos hinnoittelussa käytetään puustotunnuksia, on puutavaralajien arvon ja käytettyjen puustotunnusten välisistä riippuvuuksista tehtävä voimakkaita oletuksia. Käytettäessä yhtä puustotunnusta puutavaralajin hinnoitteluun, on puutavaralajin arvon ja käytetyn tunnuksen välisen riippuvuuden oltava lineaarinen. Mikäli ko. riippuvuus on epälineaarinen, keskihintaa ei voi määrittellä runkotunnusten keskiarvon avulla, vaan runkojen arvojen keskiarvon avulla (kuva 1). Esim. kuusitukin kantohinnan muuttaminen keskimääräisen käyttöosan järeiden mukaan (Maataloustuottajain... 1990) on hinnoittelua yhden puustotunnuksen avulla.

Jos hinnoittelussa käytetään kahta tai useampaa puustotunnusta, on kaikkien puustotunnusten oltava lineaarisesti riippuvia puutavaralajin arvon kanssa. Lisäksi puustotunnusten on oltava keskenään riippumattomia tai keskenään lineaarisesti riippu-



Kuva 1. Puustotunnusten käytöstä koituva harharunkojen arvon määrittämisessä, kun arvofunkti $f(x)$ on epälineaarinen. Piste A on runkojen 1 ja 2 arvojen keskiarvo ja B on puustotunnuksella saatava tulos.



Kuva 2. Mäntytukkirunkojen arvofunktiot yhden koesahauksen mukaan (Uusitalo 1989). Järeysluokat JL23–... JL33+ edustavat eri rinnankorkeusläpimittoja. Arvo sisältää kaikkien rungosta saatavien tuotteiden myyntiarvon. Runkojen laadun mittaamisessa käytetään I-laatulokan osuutta tukkiosan pituudesta.

via puutavaralajin arvon suhteen. Usean puustotunnusten ja arvon välisiä riippuvuuksia voidaan kuvata useiden arvofunktioiden avulla. Käytettäessä esim. mäntytukkirunkojen hinnoittelussa kahta tunnusta, I-luokan tukkiosan osuutta rungon tukkiosan pituudesta ja rinnankorkeusläpimittaa, voidaan jokaiselle rajatulle läpimittaluokalle määrittää arvofunkti I-luokan osuuden suhteen (kuva 2). Jos puustotunnusten käytön kannalta kaikki vaaditut oletukset olisivat voimassa, arvofunktiot olisivat suoria, joilla on sama kulmakerroin ja keskenään samat etäisyydet toisiinsa nähden. Yhdenkin oletuksen jäädessä täyttymättä on keskihinnan laskemisessa käytettävä runkojen arvoja puustotunnusten sijaan.

Puustotunnusten käytön sopivuutta kuitupuutavaralajien ja koivutukin hinnoitteluun ei ole tutkittu. Sen sijaan mäntytukin koesahauksia on tehty useita (Kärkkäinen 1980, Kärkkäinen ja Kallinen 1982, Uusitalo 1989). Puustotunnusten käytölle asetettavat oletukset eivät täyty saateollisuuden osalta, koska koesahauksissa esille tulleet riippuvuudet eivät ole lineaarisia.

2.2 Hintalaskelma

Tässä tutkimuksessa hinnoittelu on runkohinnoittelua. Puutavaralajien hinnoittelu on tällä hetkellä vallitseva tapa hinnoitella. Runkohinnoittelussa korvataan puutavaralajien hinnat runkohinnoilla ja runkohinnat lasketaan kuitu- ja tukkirungoille puulajeittain, esim. mäntytukkirungoille ja mäntykuiturungoille. Luokittelu tukki- ja kuiturunkoihin tehdään rinnankorkeusläpimitan mukaan riippumatta siitä, mitä puutavaralajia rungoista saadaan. Kaikki läpimitaltaan 18 cm tai järeämmät rungot luetaan tukkirunkoihin pääpuulajeissa.

Tutkimuksessa valitussa hintalaskelmassa käytetään runkolajikohtaisia ns. perushintoja, jotka vastaavat valittuja perusleimikon kustannuksia ja laatua (taulukko 1). Hinnoittelu on perushintojen muuttamista siten, että ne vastaavat hinnoiteltavien leimikoiden laatua sekä sellaisia leimikoihin liittyviä kustannuksia, jotka halutaan ottaa huomioon hinnoittelussa. Esimerkiksi korjuukustannukset ja kaukokuljetusten kustannukset voivat olla näitä kustannuksia.

Kustannuksia kuvaaviksi hinnoittelutekijöiksi hintalaskelmaan on valittu korjuukustannuksiin vaikuttavina tekijöinä metsäkuljetusmatka, leimikon koko ja tukkirunkolajien keskijäretydet (taulukko 1 ja taulukko 2). Laatu vaikuttaa vain mäntytukki-

Taulukko 1. Runkolajien perushinnat sekä metsäkuljetusmatkan ja leimikon tilavuuden vaikutus kaikkiin perushintoihin.

Runkolaji	Perushinnat, mk/m ³		
	Mänty	Kuusi	Koivu
Tukki	206,12	170,60	182,85
Kuitu	121,50	135,00	104,00
<hr/>			
Ominaisuus	Vaikutus perushintoihin, mk/m ³		
	Määrä	Vaikutus	
Metsäkuljetus- matka, m	–300	0	
	300–500	–3	
	500–700	–6	
	700–900	–9	
	jne.		
Leimikon tilavuus, m ³	–150	–20	
	150–300	–5	
	300–500	0	
	500–1000	+2	
	1000–	+5	

runkojen ja koivutukkirunkojen hinnoittelussa. Mäntytukki- ja koivutukkirungot hinnoitellaan kahden runkotunnuksen avulla.

Mäntytukkirunkojen hinnoittelussa käytetään tässä tutkimuksessa arvofunktoita, jotka kuvaavat mäntytukkirunkojen arvoja kahden muuttujan avulla (kuva 2). Mäntytukkirunkojen laatua kuvaavina muuttujina on käytetty rinnankorkeusläpimittaa ja I-luokan tukkiosan osuutta tukkiosan pituudesta. Mäntytukkien luokituksessa on käytetty Heiskasen ja Siimeksen (1959) esittämää luokittelua, jonka mukaan I-luokka erotellaan muista laaduista mäntytukkirunkojen tukkiosissa. Arvofunktiot on laskettu yhden koesahauksen perusteella (Uusitalo 1989) siten, että kaikkien koesahatuista rungoista saatujen lopputuotteiden ja sivutuotteiden arvot on laskettu yhteen runkojen kokonaisarvoiksi (Jalkanen 1993). Raaka-aineen ominaisuuksien vaikutuksia tuotantokustannuksiin ei ole huomioitu ja sahatavaralajien hintoina on käytetty vientihintoja (Jalkanen 1993). Rungot on jaettu viiteen luokkaan rinnankorkeusläpimitan mukaan (kuva 2). Kussakin läpimittaluokassa runkojen kokonaisarvoista on muodostettu pienimmän neliösumman menetelmällä arvofunktio I-luokan tukkiosuuden suhteen. Muut

Taulukko 2. Tukkirunkojen keskijäreyden vaikutus perushintoihin.

Tukkirunkolaji	Rungon keski- koko, m ³	Vaikutus. mk/m ³
Mänty	–0,50	–5
	0,50–0,70	0
	0,70–	+5
Kuusi	–0,50	–5
	0,50–	0
Koivu	–0,50	0
	0,50–0,70	+5
	0,70–	+10

runkolajit hinnoitellaan sellaisten tekijöiden mukaan, jotka ovat enemmän perinne aiemmin käytössä olleista hintasuositussopimuksista kuin raaka-aine-lopputuoteanalyysien tuloksina syntyneitä (taulukot 1, 2, ja 4).

Mäntytukkirunkojen arvofunktiot on muutettava arvoeroiksi valitun perushintaisen rungon laadun suhteen, koska mäntytukkirunkojen perushinnan laatukorjaus on perushintaa vastaavan laadun ja leimikon laadun arvoero. Arvoerofunktiot ovat käytökelpoisia hinnoittelussa sellaisinaan. Tässä hintalaskelmassa mäntytukkirunkojen koepuut luokitellaan läpimitan ja laatua kuvaavan runkotunnuksen suhteen ja sijoitetaan luokittelun mukaan arvoerotaulukon soluihin (taulukko 3). Arvoerotaulukko on tehty siten, että on sijoitettu taulukon soluihin arvoerofunktioiden avulla lasketut luokkakeskien arvoerot ns. nollarungon arvon suhteen. Läpimittaluokat arvoerotaulukossa ovat samoja kuin arvofunktioiden läpimittaluokat.

Luokittelun käyttäminen mäntytukin hinnoittelussa helpottaa manuaalisesti tehtävää hinnoittelua. Mäntytukkirunkojen koepuut sijoitetaan järeyden ja laadun mukaan arvoerotaulukon soluihin. Solujen koepuiden lukumäärät muutetaan osuiksi mäntytukkirunkojen koepuiden kokonaislukumäärästä ja osuudet kerrotaan solujen ilmoittamalla arvoeroilla. Summaamalla soluihin lasketut arvoerojen vaikutukset yhteen saadaan leimikon mäntytukkirunkojen perushinnan korjaus.

Koivutukkirungot luokitellaan neljään eri laatu-luokkaan tyven laadun mukaan (taulukko 4). Koi-

Taulukko 3. Laadun vaikutus mäntytukkirungon perushintaan. Taulukon luokkien arvot ovat eri laatuisten runkojen arvoeroja verrattuna nollarungon arvoon. Arvoerot on laskettu arvofunktoista (kuva 2). Laadun mittaamisessa käytetään I-laatu luokan osuutta tukkiosan pituudesta. Tukkirunkoihin luetaan kaikki rinnankorkeusläpimitaltaan yli 18 cm rungot.

Rungon laatu		Rinnankorkeusläpimittaluokka, 2 cm luokat					
		-23	25	27	29	31	33 +
		Vaikutus, mk					
Ei tukkia		-170	-170	-170	-170	-170	-170
I-luokan	0 -30%	-85	-28	-17	-17	-1	-8
tukkia	31-50%	-76	-13	0	0	27	36
	Yli 50%	-69	0	14	14	54	72

Nollarungon laatu: Rinnankorkeusläpimitta 27 cm, I-luokan tukkia 40 %

Mäntykuidun arvo tehdasvarastossa: 256 mk/m³

vutukkirungon virheettömältä tyviosalta edellytetään, että siitä saadaan suoraa, oksatonta ja kyhmytöntä sekä pinnaltaan virheetöntä vaneritukkia. Perushinnan korjaus lasketaan eri laatu luokkien osuuk-sien avulla kuten mäntytukkirunkojen laatu korjaus.

Otantamenetelmien ominaisuuksista ei ole tarpeeksi tarkkoja tutkimuksia, joiden avulla hintalaskelma voitaisiin sitoa otantamenetelmään. Siksi osuudet ja muutkin keskiarvot lasketaan koepuiden lukumäärien mukaisesti kaikissa tutkittavissa hinnoittelumenetelmissä. Näin ollen harhan tarkastelu ja sen merkityksen arvioiminen tulevat tarpeellisi-ksi.

2.3 Hinnoittelumenetelmät

Hinnoittelumenetelmä on otantamenetelmän ja hintalaskelman muodostama kokonaisuus. Tässä tutkimuksessa käsitellään kolmea hinnoittelumenetelmää, relaskooppimenetelmää, ympyräkoalamenetelmää ja lähimpien puiden menetelmää. Kaikissa menetelmissä käytetään systemaattista otantaa, sillä silmävarainen hinnoittelu on osoittautunut leimikoiden puuston laadun voimakkaan spatiaalisen vaihtelun vuoksi vaikeaksi ja virhealttiiksi. Kaikissa hinnoittelumenetelmissä käytetään myös samaa hintalaskelmaa eikä laskentatapoja sidota otantamenetelmiin, kuten keskihintasääntö edellyttäisi (kaava 1).

Taulukko 4. Laadun vaikutus koivutukkirungon perushintaan. Laadun mittaamisessa käytetään virheettömän tyviosan pituutta. Koepuut sijoitetaan eri laatu luokkiin ja vaikutus lasketaan kertomalla luokkien koepuuosuudet (%) taulukon arvoilla (mk/m³).

Rungon laatu		Vaikutus, mk/m ³
Ei vaneria		-1,00
Virheetöntä	-15	-0,50
tyveä, dm	15-30	0,00
	30	1,00

Relaskooppikoealoilta koepuut valitaan relaskooppin avulla. Relaskooppivalinta painottaa runkojen pohjapinta-alaa ja on koealan koon suhteen muuttuva-alainen. Ympyräkoelat ovat pinta-alaltaan kiinteitä koealoja ja rinnankorkeusläpimittojen frekvenssit määräävät runkojen painottumisen koepuujoukossa. Lähimpien puiden menetelmässä koealat ovat muuttuva-alaisia ja otannasta saadun koepuujoukon ominaisuudet riippuvat osittain rinnankorkeusläpimittojen frekvensseistä. Lähimpien puiden menetelmässä kaikilta koealoilta poimitaan edeltä määrätty n kappaletta koepuita siten, että havaintopisteen keskustasta lukien n lähintä puuta valitaan koepuiksi. Menetelmä kiinnostaa vaivattomuuden (vähän valintavälineitä) ja koepuiden minimaalisen etäisyyden vuoksi.

Kaikissa otantamenetelmissä otannan tiheyden säätelee leimikolle sijoitettava koealaverkko ja koe-

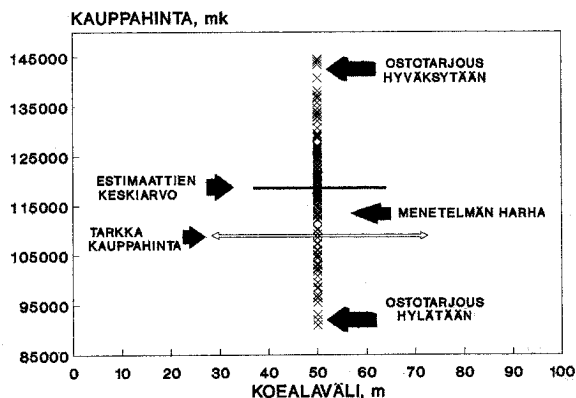
Taulukko 5. Simuloidut otantamenetelmät ja menetelmissä käytetyt koealojen koot. Koealojen koko on merkitty relaskoopin kertoimina, pinta-aloina ja koealan keskustasta poimittujen lähimpien puiden lukumäärinä.

Otantamenetelmä	Koealan koko			
Relaskooppi	4	3	2	1
Ympyräkoela, m ²	25	50	100	200
Lähimmät puut	3	6	9	12

Taulukko 6. Hinnoittelutyön kustannusten laskennassa käytettyjä vakioita.

Kustannuslaji	Määrä
Sosiaalikulutus, % palkasta	67,5
Kilometrikorvaus, mk/km	1,28
Ajomatka leimikkoa kohti, km	80
Ajoaika, h	1,3
Siirtymisaika leimikon ja auton välillä, h	0,2
Päiväraha, mk/vrk	65
Palkka, mk/kk	9500
Työpäiviä kuukaudessa	21
Työtunteja päivässä	8

alan koko. Otantamenetelmiä on tutkittava sekä pienien että suurien koealan kokojen suhteen. Koealan koko vaikuttaa toisaalta kerätyn koepuujoukon edustavuuden kautta hinnoittelun tarkkuuden aiheuttamiin kustannuksiin sekä toisaalta työn kustannuksiin. Tarkkuuden ja työn kustannukset ovat toisilleen vastakkaisia siten, että tarkkuuden kustannukset pienenevät tihennettäessä otantaa eli kasvatettaessa työn kustannuksia. Toisaalta koepuujoukon edustavuuteen ja työmäärään vaikuttaa myöskin se, kerätäänkö tietty määrä koepuita leimikolta pienien koealojen ja tiheän koealaverkon avulla vai suurin koealoin ja harvalla koealaverkolla. Sekä koealaverkon että koealan koon vaikutus hinnoittelun kustannuksiin on selvitetävä. Otantamenetelmät tutkitaan siis siten, että otannan tiheyttä muutetaan sekä muuttamalla koealaverkkoa että muuttamalla koealan kokoa (taulukko 5).



Kuva 3. Erään leimikon kauppahinta, kun hinnoittelussa käytetään yhtä otantamenetelmää ja otannan tiheyttä. Pystysuorapisteparvi kuvaa myyjälle esitettyjen ostotarjousten vaihteluväliä, keskihajonta on 11 732 mk.

2.4 Hinnoittelukustannusten muodostuminen

Hinnoittelun tarkkuuden kustannukset ja hinnoittelutyön kustannukset on tunnettava, jotta hinnoittelun kokonaiskustannukset voidaan laskea. Hinnoittelutyön kustannusten laskenta sisältää selvästi laskettavia ja konkretisoitavissa olevia kiinteitä ja muuttuvia kustannuksia (taulukko 6). Sen sijaan hinnoittelun tarkkuuden muuttaminen kustannuksiksi on monimutkaisempaa.

Hinnoittelumenetelmä on tarkka, jos sen avulla saadaan leimikoille virheetön ja harhaton hinta. Virhe tarkoittaa sitä, että samalla hinnoittelumenetelmällä lasketut hinnat poikkeavat toisistaan hinnoiteltaessa useita saman arvoisia leimikoita. Harha on menetelmästä johtuva systemaattinen virhe (kuva 3). Tarkkuuden kustannukset riippuvat raakapuumarkkinoiden rakenteesta. Ennen raakapuumarkkinoiden rakennetarkastelua selostetaan, mitä tarkoitetaan tarkalla kauppahinnalla (kuva 3) sekä selostetaan Hirshleiferin (1988) esittämistä markkinataloutta koskevista ilmiöistä johdettuja täydellistä kilpailutilannetta koskevia periaatteita.

Kauppahinnalla tarkoitetaan hintaa, jolla ostaja tarjoutuu ostamaan koko leimikon. Kauppahinta on siis yksikköhinnoista ja puutavaralajien tai runkolajien kokonaistilavuuksista muodostettujen tulojen summa. Myyjä joko hyväksyy tai hylkää ostotarjouksena esitetyn kauppahinnan. Tarkalla kaup-

pahinnalla tarkoitetaan sitä hintaa, joka saadaan tuloksena kaikkien leimikon yksittäisten runkojen hintojen laskemisesta yhteen keskihintasäännön mukaan (kaava 1). Tarkka kauppahinta on tuotteista ja markkinoista riippuen eri yrityksillä erilainen ja siten myös hintalaskelman tulee olla yrityskohmainen. Tarkan kauppahinnan suhde leimikon todelliseen arvoon riippuu siitä, kuinka hyvin hintalaskelman rakenne kuvaa yrityksen tuotteiden ja raaka-aineiden riippuvuutta toisistaan. Suuret erot yritysten tarkoissa kauppahinnoissa ovat merkki suurista yritysten välisistä eroista puustamaksukyvyyssä. Nämä erot vaikuttavat raakapuumarkkinoiden rakenteeseen hankinta-alueella, jonka koko riippuu po. yrityksistä.

Hinnoittelumenetelmällä laskettujen kauppahintojen hajonnan merkitys on täydellisessä kilpailutilanteessa suuri puun ostajalle, sillä puun myyjä hyväksyy tällöin aina korkeimman ostotarjouksen. Todennäköisyys ostotarjouksen hyväksymiselle kasvaa tarjotun kauppahinnan kohotessa (kuva 3). Tämän vuoksi hinnoittelija, joka käyttää suuren virhemarginaalin omaavaa hinnoittelumenetelmää, on taipuvainen saamaan keskimäärin ylihinnoiteltua raakapuuta markkinoilta, koska virhemarginaalin ylihinnoittelua kompensoivat alihintaiset ostotarjoukset jäävät hyväksymättä (kuva 3). Vaikka täydelliset raakapuumarkkinat ovat mahdottomuus, ei ilmiö häviä kokonaan kuin monopsonistisilla yhden ostajan markkinoilla. Kauppahinnan hajontaa on siten pidettävä merkittävänä hinnoittelumenetelmän valintaan vaikuttavana tekijänä.

Kauppahinnan hajonnan muuttaminen hinnoittelua koskevassa päätöksenteossa käytettäväksi hinnoittelun tarkkuutta kuvaavaksi kustannusmuuttujaksi vaatii raakapuumarkkinoiden rakenneanalyysiä. Täydellisen kilpailun tilanteessa hinnoittelumenetelmän tarkkuuden kokonaiskustannus on ainakin virheen aiheuttaman ylihinnoittelun suuruisen. Tarkkuuden kustannukset täydellisessä kilpailussa voidaan laskea seuraavasti.

$$\bar{K}_L = \frac{\sum_{i=1}^n (s_i^+ + E)}{n} \quad (2)$$

jossa

$$s_i^+ = h_i^+ - \bar{H}$$

Kaavassa 2 s^+ tarkoittaa tarkkaa kauppahintaa korkeampien hyväksytyjen ostotarjousten poikkeamia kauppahinnan estimaattien keskiarvosta (kuva 3), E on hinnoittelumenetelmän harha kyseisenlaisten leimikoiden kohdalla ja n on hyväksytyjen ostotarjousten lukumäärä. \bar{H} on hinnoittelumenetelmästä riippuva kaikkien esitettyjen ostotarjousten keskiarvo eli kauppahinnan estimaattien keskiarvo (kuva 3) ja h^+ tarkoittaa tarkkaa kauppahintaa korkeampaa hyväksyttyä ostotarjousta.

Kaavan 2 osoittaja on tarkkuuden kokonaiskustannus ja kaavalla lasketaan keskimääräinen tarkkuuden kustannus K_L ostettua leimikkoa kohti täydellisessä kilpailussa. Kaava 2 pätee vain täydellisen kilpailun markkinoilla, jolloin myös hinnoitteluun liittyvä tietämys on vapaasti ja helposti saatavilla ja siten markkinoilla on myös leimikon todellisen arvon tietäviä ostajia. Täydellistä kilpailua ei kuitenkaan esiinny, joten kaavaa 2 on korjattava hankinta-alueen ominaisuuksien ja ostajan käytettävissä olevien mahdollisuuksien mukaan. Esimerkiksi Suomessa raakapuumarkkinoiden rakenne vaihtelee Etelä-Suomen monien ostajien markkinoista Pohjois-Suomen ja Koillis-Suomen harvojen ostajien tuotantolaitosten sijainnin sanelemiin alueellisten monopsonien kaltaisiin markkinoihin.

Hinnoittelumenetelmän tarkkuuden kustannukseen vaikuttavat myös seuraavat asiat: ostajilla on osittaista yhteistyötä ostossa, ostajien jalostamat tuotteet ovat merkittävästi erilaisia, eri alueilla on eri ostajia, ostajat ovat kiinnostuneita osittain eri puutavaralajeista. Nämä tekijät lisäävät kauppahinnaltaan alempien ostotarjousten osuutta ja siten taasoittavat eli kompensoivat korkeammista ostotarjouksista (s^+ kaavassa 2) aiheutuvaa virhettä. Tarkkuuden kustannusta lisääviäkin tekijöitä on olemassa, mm. hinnoittelumenetelmien käyttäjistä aiheutuvat virheet, jotka on lisättävä virhemarginaaliin. Epätäydellisen kilpailutilanteen mukaiset tarkkuuden kustannukset voidaan laskea seuraavasti.

$$\bar{K}_L = \frac{\sum_{i=1}^n (s_i^+ + E) + \sum_{j=1}^m (s_j^- + E)}{n + m} \quad (3)$$

jossa

$$s_j^- = h_j^- - \bar{H}$$

Kaavassa $3s^+$, E , n ja \bar{h} saavat saman merkityksen kuin kaavassa 2, s^- tarkoittaa tarkkaa kauppahintaa alempien hyväksytyjen ostotarjouksien poikkeamia kauppahinnan estimaattien keskiarvosta ja m vastaavasti niiden lukumäärää. h^- tarkoittaa tarkkaa kauppahintaa alemmaa hyväksyttyä ostotarjousta.

Harhasta (E kaavoissa 2 ja 3) koituva kustannus kasvaa ostettujen leimikoiden lukumäärän myötä. Harhan eliminoimista onkin pidettävä tärkeimpänä hinnoittelumenetelmän valintakriteerinä, koska harhat vääristävät hinnoittelua vähentäen jalostusarvon ja ostohinnan keskinäistä riippuvuutta.

2.5 Hinnoittelukustannukset ja harha

Hinnoittelun tarkkuuden kaksi päätekijää, virhe ja harha, ovat selvitettävissä toistamalla hinnoittelua leimikoilla ja tutkimalla tuloksiksi saatujen kauppahintojen hajontaa. Hinnoittelussa kerätään ensin leimikolta otannalla koepuujoukko, josta lasketaan hintalaskelman avulla hinnat runkolajeille ostotarjouksen esittämistä varten. Tässä tutkimuksessa ostotarjouksen tekemistä varten suoritettua koepuutantaa leimikolta kutsutaan osto-otannaksi. Osto-otantojen toistot tehtiin simuloimalla mitatuista leimikoista (liitteet 1 ja 2). Muutamien leimikoiden tarkka mittaaminen ja toistojen simulointi niistä poistaa mittaajista johtuvat virhelähteet ja rajoitukset antaen suuren joustovaran mm. menetelmien muuttamiselle sekä toistojen määrälle. Koska tarkkuuden kustannus riippuu ostettujen leimikoiden määrästä sekä niiden puutavaralaji- ja laatuajakautuksista, on parempi tarkastella kustannuksia leimikkoa kohti erikseen kussakin eri tyyppisessä tutkitavassa leimikossa (taulukot 8, 9, ja 10). Harhan tarkastelu on välttämätöntä, koska hintalaskelmia ei ole sovitettu eri otantamenetelmille erikseen. Harha kertoo hintalaskelman ja otantamenetelmän sopivuudesta toisiinsa nähden. Mikäli sovittaminen olisi tehty, ei harhaa tarvitsisi tarkastella ja tarkkuuden lähtökustannukseksi sopisi kauppahintojen keskihajonta estimaattinsa ympärillä (kuva 3). Harhan määrittely edellyttää suurta toistojen lukumäärää ja hinnoittelumenetelmien ominaisuuksien tarkasteluun vaaditaan laaja simulointivaihtoehtojen verkko. Suuri toistojen määrä ja suuri vaih-

toehtojen lukumäärä yhdessä vaativat paljon laskenta-aikaa, joten harhaa tarkasteltiin erikseen työn ja virheen kustannusten suhteen edullisissa vaihtoehtoisissa. Tässä tutkimuksessa valitaan eri hinnoittelumenetelmille virheen ja työn kustannuksien perusteella edullisia vaihtoehtoja suuresta joukosta koealakokoja (taulukko 5) ja koealaverkon tiheyksiä. Harhat tutkitaan näistä edullisista vaihtoehtoista. Virhettä kuvataan kauppahinnan hajonnalla estimaattinsa suhteen (kuva 3).

Virheen kustannukset määriteltiin siten, että osto-otannat toistettiin simuloimalla käyttäen erilaisia koealojen kokoja (taulukko 5) ja muuttaen koealaverkon tiheyttä. Näin syntyneitä koealan koon ja koealaverkon tiheyden yhdistelmiä toistettiin kutsakin 150 kertaa. Yhtä koealan koon ja koealaverkon yhdistelmää nimitetään tässä tutkimuksessa otantojen vaihtoehdoksi. Toistot simuloitiin viidestä mitatusta leimikosta (taulukot 8, 9, ja 10). Simulointiohjelma käsitteli yhtä leimikkoa kerrallaan poimien leimikosta systemaattisen otannan avulla koepuujoukkoja. Otannoissa koealat sijoitettiin leimikkoon linjojen avulla. Koealaverkkoa muutettiin jokaisessa koealan koossa siten, että linjavälit ja koealavälit pidettiin samoina ja välejä pidennettiin 5 metrin askelin 10:stä 150:een metriin. Simulointeja rajattiin myös siten, että yli 600 koepuun otantatiheydet jätettiin pois. Koepuiden poiminnan jälkeen ohjelma muutti koepuujoukon tiedot hintalaskelman avulla runkolajien yksikköhinnoiksi. Yksikkö hinnat ohjelma muutti yhdeksi kauppahinnaksi kertomalla ne leimikon runkolajien mitatuilla kokonaistilavuuksilla ja summaamalla tulot yhteen.

Jokaisesta 150 toistoa käsittävästä simuloinnista laskettiin simulointituloksiksi saatujen kauppahintojen keskihajonta (kaava 4), joka otettiin suoraan lähtökustannukseksi ko. otantojen vaihtoehdolle. Tämä lähtökustannus ei ole sellaisenaan käyttökelpoinen siksi, että virheen kustannukset määräytyvät sen mukaan, miten hyväksytyt ostotarjoukset sijoittuvat suhteessa kaikkiin ostotarjouksiin (kuva 3). Simulointituloksina saadut eri suuruiset kauppahinnat ovat esityksiä ostotarjouksista myyjille ja vain osa näistä ostotarjouksista johtaa puukauppaan. Mikäli vain kaikki keskiarvoa (\bar{h} kaavassa 4) korkeammat ostotarjoukset aina korkeimpaan kauppahintaan asti tulisivat hyväksytyiksi, osoit-

taisi kauppahintojen keskihajonta suoraan virheen kustannuksen. Tämä kustannus olisi keskimääräinen virheen kustannus ko. tyyppisestä leimikosta ostettaessa useita leimikoita ko. otantojen vaihtoehdolla ja hinnoittelumenetelmällä. Näin eivät hyväksytyt ostotarjoukset käytännössä sijoitu suhteessa kaikkiin tehtyihin ostotarjouksiin, koska täydellinen kilpailu on taloudessa mahdoton ilmiö. Siksi hyväksyttyjen ostotarjouksien sijoittumista estimaattien keskiarvon ympärille jouduttiin arvioimaan. Arvioimiseen joudutaan siksi, että ei tiedetä, kuinka puukaupan syntymisen todennäköisyys kehittyä kauppahinnan muuttuessa eri hankinta-alueilla. Lisäksi on huomattava, että hintalaskelmasta riippuvan tarkan kauppahinnan suhde muiden ostajien vastaavaan on tärkeä tekijä hyväksymistodennäköisyydessä.

Toistoista laskettua virheen lähtökustannusta korjattiin arvioidulla kompensoivien eli keskiarvon (\bar{h} kaavassa 4) alapuolelle sijoittuvien kauppojen vaikutuksella. Kompensaation vaikutukseksi valittiin -33 %, sillä negatiivisten poikkeamien (s^- , kaava 3) osuus alentaa virheen kustannusta. Tämä arvio on subjektiivinen eikä perustu laskelmiin. Keskihajonnat lasketaan seuraavasti.

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n}} \quad (4)$$

Kaavassa 4 h tarkoittaa simuloitua kauppahintaa ja n on simuloitavien toistojen lukumäärä.

Hinnoittelun kokonaiskustannusten toisen osan, hinnoittelutyön kustannusten täydellinen hallinta edellyttää tietoja hinnoittelumenetelmistä, osto-organisaatioista, ostotavoitteista ja hankinta-alueista. Kustannukset eivät kasva lineaarisesti työmäärän lisääntymisen myötä, vaan porrasmaisesti sekä epälineaarisesti työvoiman muutostarpeiden ja organisaatiomuutosten myötä. Kullakin organisaation kokoonpanolla on oma optimaalinen ostomääränsä, jota suuremmilla ja pienemmilla ostomäärillä kustannukset kohoavat ostettua tilavuusyksikköä kohti. Hirshleifer (1988) on esittänyt yrityskoon ja kustannusten vaihtelut tarkastelemalla myös pitkän ja lyhyen aikavälin merkitystä kustannuksiin ja yrityskokoon. Käyttäjän tarpeiden mukaan voidaan luoda ostotoimintaa kuvaava osto-organisaation

malli, jolla kustannusten muuttumista voidaan tutkia. Tässä tutkimuksessa selvitetään vain hinnoittelutyön kustannusten yhden osan, ajanmenekin, vaikutuksia. Muut työn kustannuksiin vaikuttavat muuttujat pidetään vakioina (taulukko 6).

Ajanmenekin muuttaminen päätöksenteossa tarvittaviksi kustannuksiksi on yrityskohtainen. Näin ollen on valittava jokin organisaatio ja laskettava kustannukset tältä pohjalta. Kun asetetaan ajanmenekki leimikolla ainoaksi kustannusmuuttujaksi, kytkeytyy aikayksikön arvon määrittely hinnoittelijan palkkakustannuksiin. Leimikolle siirtymiset ja sieltä poistumiset sekä muut kaupantekoon liittyvät kustannukset oletetaan annetuiksi keskimääräisiksi kustannuksiksi. Hinnoittelun kustannus on tässä tutkimuksessa asetettu vain yhden muuttujan ja yhden vakion kustannusyhtälöksi, jonka muoto on seuraava.

$$\bar{K}_A = \left(\frac{1}{1-t} \right) (C + P \cdot A) \quad (5)$$

Kaavassa 5 \bar{K}_A tarkoittaa hinnoittelutyön kustannusta leimikkoa kohti, C on peruskustannus, P on hinnoittelussa leimikolla käytetyn ajan yksikkökustannus, t on keskimääräinen hylättyjen ostotarjousten osuus ja A on leimikolla käytetty aika. Muuttuja t voi saada arvoja väliltä 0...1. Peruskustannus on keskimääräinen kustannus, joka käsittää muut ostotarjouksen tekemiseen liittyvät kustannukset leimikkoa kohti. A :n arvo saadaan simuloimalla tutkittavien menetelmien ajanmenekkien keskiarvot leimikoilla.

Hinnoittelutyön kustannukset lasketaan samoille otantojen vaihtoehdolle kuin virheen kustannuksetkin kaavan 5 mukaan. Ajanmenekit saadaan simuloimalla kukin vaihtoehto 30 kertaa leimikoissa ja laskemalla ajanmenekkien keskiarvo ko. vaihtoehdolle. Peruskustannus lasketaan Metsätehon kustannuslaskentojen (Halinen 1984) pohjalta siten, että laskennassa käytetyt yksikkökustannukset korjataan vuoden 1994 kustannustasoa vastaaviksi (taulukko 6). Päiväraha ja palkka muutetaan kustannuksiksi tuntia kohti (P , kaava 5), 102,84 mk/h. Peruskustannukseksi saadaan 256,66 mk summamallalla ajokilometrien, ajoajan ja leimikolle siirtymisen keskimääräiset kustannukset.

Työn kustannusten laskemisessa on otettava huomioon myös hylättyjen ostotarjouksien tekemiseen

uhrattu työ, koska kaikki suoritukset vaikuttavat keskimääräisiin työn kustannuksiin. Hylättyjen ostotarjouksien osuutta kuvaava muuttuja t (kaava 5) vaikuttaa merkittävästi työn kustannuksiin ja on yritysکوhtainen. Hylkäysten osuuteen vaikuttaa harha, puustamaksukyky sekä monet vaikeasti mitattavat tekijät, kuten esim. raakapuun oston rahoitustakuut. Tässä tutkimuksessa t :n arvoksi valittiin subjektiivisten arvioiden pohjalta 0,65 eli 65 % esitetyistä ostotarjouksista tulee hylätyksi ja 35 % hyväksytään.

Kompensaation vaikutusta kuvaavan muuttujan k arvo (−33 %) sekä hylättyjen ostotarjousten osuutta kuvaavan muuttujan t arvo (65 %) indikoivat markkinaolosuhteita. t ja k ovat raakapuuta ostavan yrityksen tilannetta kuvaavia muuttujia.

Edulliset otantojen vaihtoehdot haettiin tutkimalla hinnoittelukustannuksia otantatiheyden suhteen. Hinnoittelukustannuksiin luettiin virheen ja työn kustannukset. Tutkittava kustannusfunktio on siten muodoltaan $f(\bar{K}) = \bar{K}_L + \bar{K}_A$. Edullisien koealaverkon tiheyden ja koealakoon yhdistelmien eli otantojen vaihtoehdojen harhat määritettiin siten, että toistettiin otanta 500 kertaa kussakin viidessä leimikossa ja laskettiin toistojen keskiarvot, joita verrattiin leimikoiden tarkkoihin kauppahintoihin. Harhan tutkimisessa toistojen kokonaismäärä nousee suureksi. Kun menetelmiä on kolme ja leimikoita viisi, harhojen selvittäminen vaatii 15 simulointikertaa ja 7500 toistoa.

Leimikoiden tarkat kauppahinnat saatiin siten, että laskettiin runkolajeille hintalaskelman mukaiset yksikköhinnat käyttäen laskennassa kaikkia runkoja ja sovellettiin keskihintasääntöä (kaava 1). Toisin sanoen tarkka kauppahinta saatiin siten, että 100 % leimikon puista tuli koeputiksi. Näin toteutettuna ”otanta” on varmasti aritmeettinen eli tilavuus tai muu otannasta riippuva tekijä ei vaikuta puiden todennäköisyyteen tulla koeputiksi. Tällöin on keskihintasäännön mukaan käytettävä runkojen tilavuuksia hintalaskelmassa kappaleiden sijasta laskehtaessa keskihintoja runkolajeille.

Hinnoittelijoiden ja välineiden aiheuttamat virheet jätettiin huomiotta. Samoin runkolajien tilavuuden arvioimisen virheestä koituvat kustannukset, sillä kauppahintojen laskennassa käytettiin runkojen mitattuja käyttöosan tilavuuksia. Puutavara-lajien tilavuuksien virheen ja erityisesti harhan kus-

tannukset saattavat olla merkittäviä silloin, kun oston suunnittelussa tai toteutuneiden ostojen seurannassa käytetään osto-otantoja.

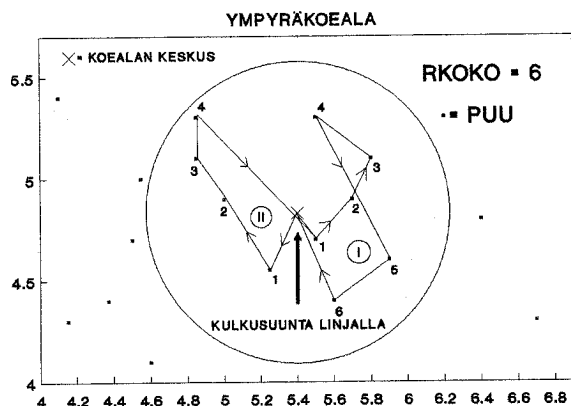
2.6 Simulointien kuvaukset

Osto-otannat on toistettu viidestä mitatusta leimikosta simuloimalla. FORTRAN-simulointiohjelma (Jalkanen 1993) muodostaa tiettyjen sääntöjen mukaan leimikolle systemaattisen koealaverkon joka toistokerralla ja poimii otantamenetelmällä koeput koealoilta.

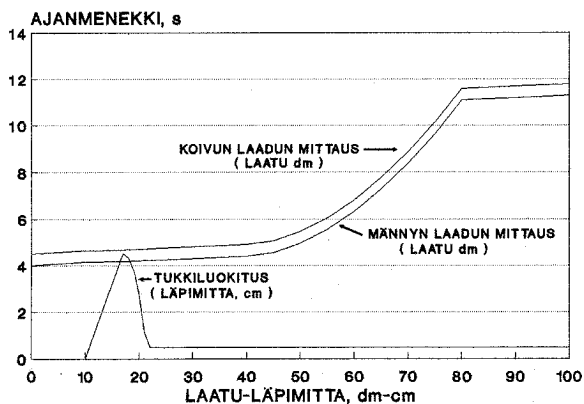
Seuraavassa selostetaan yhden simuloitavan toiston kulku toteutusta vastaavassa järjestyksessään. Simulointiohjelma valitsee leimikon koordinaatiston origoon rajoittuvasta ”koealaväli kertaa linjaväli” kokoisesta nelikulmiosta pseudosatunnaisesti lähtöpisteen, josta otanta aloitetaan syöttötietoina annetuin säännöin ja otantatiheyksin. Lähtöpiste ei ole välttämättä leimikolla, jolloin siirrytään alkulinjalla niin monta koealaväliä eteenpäin, että päästään leimikolle. Ellei leimikolle pääse ko. lähtöpisteestä, mitataan alkulinjalla leimikon alueella kuljettu matka ja siirrytään seuraavalle linjalle. Linjalta mitataan koealoja annettua koeala- ja linjaväliä noudattaen, kunnes koko leimikko on katettu. Koealoilta poimitaan valitun otantamenetelmän säännöin koeput koeputauluun hintalaskelman tekemistä varten. Vastaavan koealojen sijoittelusäännön on esitellyt mm. Mäkelä (1990).

Ajanmenekki on mahdollista simuloida tarkasti, koska työn kulku on puu puulta hallittavissa. Ajanmenekki jaetaan kolmeen pääluokkaan: kulkeminen, mittaaminen ja muu aikaa vaativa toiminta. Jako ei ole jyrkkä ja ohjelma laskee ajanmenekin yksittäisten tapahtumien mukaan eikä pääluokkien mukaan.

Kulkemista on kaikissa toiminnoissa, mutta eniten siirtymisissä koealojen välillä, linjojen välillä ja koealoilla koeputien välillä. Linjojen ja koealojen välillä kulkeminen on matkojen summaamista ja laskennassa käytetyt yksikköajat ovat keskiarvolukuja. (taulukko 7). Kulkeminen koealoilla riippuu työtavoista, joita voidaan erikseen tutkia simuloinnin avulla. Tässä tutkimuksessa hinnoittelija pyrkii minimoimaan kuljetun matkan koealalla ja samalla tekemään virheettömän koeputuvalinnan.



Kuva 4. Koepuiden poiminnassa käytetty työtapa simuloitaessa ajanmenekkiä otantamenetelmille. Ympyröidyt I ja II ovat kerralla mitattavaksi valittavia koepuuryhmiä. RKOKO on ryhmän maksimikoko. Nuolet ovat kulkusuuntia.



Kuva 5. Ajan menekki tukkirunkojen laadun mittaamisessa ja tukkien luokittelussa. Simulointiohjelma poimii käyrltä ajan jokaiselle tehdylle laadun mittaukselle ja luokittelulle. Ajanmenekkiin laadun mittauksessa vaikuttaa mittauskorkeus (LAATU dm) ja tukkien laatu luokituksessa rungon rinnankorkeus läpimitta.

Koepuiden poiminta koealoilta aloitetaan systemaattisesti kulkusuunnasta oikealle valiten tietty määrä puita ensin mitattavaksi (kuva 4). Tämän työtavan ideana on se, että mittaaja ensin valitsee menetelmän mukaisesti tietyn määrän puita kulkusuunnasta oikealle ja sitten mittaa ne valiten aina seuraavana mitattavaksi ryhmään (ympyröidyt I ja II kuvassa 4) kuuluvan lähimmän puun. Jokaisen ryhmän mitattuaan mittaaja palaa koealan keskusta valitsemaan seuraavaa ryhmää. Parametri RKOKO ilmoittaa simuloivalle ohjelmalle ryhmän koon ja sen arvon määrää mittaajan kyky muistaa valitsemiaan koepuita ilman virhevalintoja. RKOKO:n arvoksi on asetettu 9 tässä tutkimuksessa. Pieni RKOKO lisää ajanmenekkiä mm. siirtymisien lisääntyessä koealan keskustan ja koepuiden välillä. Vastaavasti sellaiset menetelmät, joissa valitaan vähän koepuita koealaa kohti, tulevat nopeammiksi koealatyössä yleensä vain yhden ryhmän ja lyhyiden koepuuetäisyyksien vuoksi.

Tukki- ja kuiturunkojen mittaaminen on ajanmenekiltään erilaista. Hintalaskelman mukaan mäntytukkirungot ja koivutukkirungot on laatumitattava, kun taas muissa runkolajeissa riittää läpimitan mitaus. Läpimitan mittausaika on keskiarvon ilmoitettava vakioparametri kaikille rungoille. Laadun mittaamiseen tarvittava aika riippuu rungosta mitatta-

van laatuvaatimuksen korkeudesta. Pieniläpimittaisen tukkirunkojen käyttöosan luokittelu tukki- ja kuituosaan vaatii enemmän aikaa kuin järeämpien runkojen luokittelu, koska pieni läpimitta tiukentaa tukin laatuvaatimuksia.

Ajanmenekkiä simuloivassa ohjelmassa käytetään aikafunktioita (kuva 5) kuvaamaan ajan käyttöä tukkirunkojen käyttöosan luokituksessa ja laadun mittaamisessa. Funktiot on määritelty kahdessa leimikossa mitattujen aikojen perusteella. Myös kaikkien muiden parametrien (taulukko 7) arvot perustuvat näihin aikatutkimuksiin. Aikamittauksien yleistettävyys on ongelma varsinkin, kun mitaukset ovat yhden henkilön toteuttamia. Kuitenkin tulokset riittävät kustannuslaskennan pohjaksi ja ovat suuntaa antavia. Myös parametrien korjaaminen tiedon lisääntyessä on helppoa.

Myös muut ajanmenekkiin vaikuttavat tapahtumat otetaan huomioon vain niiden toteutuessa. Niihin kuuluu mm. suunnan otto, koepuiden kirjaaminen, viimeisen linjan jälkeisen leimikonosan tarkistaminen tarvittaessa sekä koealojen ja linjojen perustaminen. Kaikki toiminnot ovat hinnoittelun kannalta tarkoituksenmukaisia, ts. koealoja ei merkitä paaluin ja matkatkin mitataan askelparimitauksin siten, että hinnoittelu onnistuu yhdeltä henkilöltä. Muutamien simulointiaineiston leimikoissa

Taulukko 7. Ajanmenekin laskennassa käytettyjen parametrien arvoja. Parametrit ilmaisevat eri toimintojen yksikköaikoja. Toimintojen ajanmenekit saadaan kertomalla simuloitujen kokonaissuoritukset yksikköajoilla

Parametrin arvo	Parametrin selitys
A = 1,2 s/m	Kulkeminen leimikolla, matkaa mitataan
B = 0,9 s/m	Kulkeminen leimikolla, matkaa ei mitata
C = 1,1 s/m	Kulkeminen koelalla koepuulta toiselle
D = 4,5 s/kpl	Rinnankorkeusläpimitan mittausaika
E = 3,0 s/kpl	Koelan perustaminen
F = 10,0 s/kpl	Linjan perustaminen
G = 13,0 s/kpl	Suunnan mittaus kompassilla
H = 0,6 s/kpl	Koepuun valinta-aika lähimpien puiden menetelmässä
I = 1,2 s/kpl	Koepuun valinta-aika relaskooppimenetelmässä
J = 0,8 s/kpl	Koepuun valinta-aika ympyräkoelamenetelmässä
K = 1,0 s/kpl	Koepuiden valinnan aloitus lähimpien puiden menetelmässä
L = 7,0 s/kpl	Koepuiden valinnan aloitus relaskooppimenetelmässä
M = 8,0 s/kpl	Koepuiden valinnan aloitus ympyräkoelamenetelmässä
N = 5,0 s/kpl	Ylösottoaika tukkirunkoa kohti
O = 2,5 s/kpl	Ylösottoaika kuiturunkoa kohti
P = 0,9 s/kpl	Seuraavan puun hakeminen

suoritettujen testiotantojen ja simuloitujen aikojen vertaaminen osoitti parametrien (taulukko 7) arvojen kuvaavan hyvin maastotyön ajanmenekkiä.

2.7 Aineisto

Simulointiaineisto käsittää viisi leimikkoa eri puolilta Itä- ja Kaakkois-Suomea sekä aikatutkimuksen. Leimikot on pystymittattu Mittausneuvoston hyväksymällä PMP-systeemillä ja kaikkien runkojen koordinaatit on mitattu. Simuloitavat leimikot on pyritty valitsemaan siten, että erot puutavaralajijakaumissa (taulukot 8 ja 9) sekä runkojen laadussa (taulukko 10) olisivat mahdollisimman suuria. Leimikoista on mitattu monia laatua ja runkomuotoa kuvaavia tunnuksia mahdollista tulevaakin käyttöä ajatellen (liitteet 1 ja 2). Leimikkoaineiston puustot ja niiden tilajärjestys ovat niin tarkasti kuvattuja, että virheettömästi toimivaa hinnoittelijaa ja maastotyötä voidaan simuloida. Myös leimikoi-

Taulukko 8. Simuloinneissa käytettyjen leimikoiden puutavaralajijakamat ja pinta-alat.

	Leimikon numero				
	1	2	3	4	5
Tukkaa, m ³ :					
Mänty	99,2	157,6	853,9	81,2	436,0
Kuusi	2,8	7,1	–	132,0	5,8
Koivu	148,7	50,2	14,9	22,2	50,1
Kuitupuuta, m ³ :					
Mänty	24,8	51,3	188,1	38,2	51,0
Kuusi	1,0	1,4	0,1	158,4	9,8
Koivu	38,2	40,4	25,3	38,7	12,7
Pinta-ala, ha	1,39	1,34	4,70	2,62	1,57

Taulukko 9. Simuloinneissa käytettyjen leimikoiden puuston rakenne.

	Leimikon numero				
	1	2	3	4	5
Puusto, m ³	314,6	308,3	1082,2	470,7	565,4
Tukkaa, %	80	70	80	50	87
Tukkirunkojen osuus puuston tilavuudesta, %					
Mänty	37,6	62,9	93,7	23,3	85,4
Kuusi	1,2	2,5	–	44,5	2,0
Koivu	58,1	25,9	2,8	10,8	10,5
Yht.	96,9	91,4	96,5	78,6	97,9
Tukkirunkojen osuus runkojen kokonaislukumäärästä, %					
Mänty	30,0	35,2	79,1	13,5	66,3
Kuusi	1,0	1,1	–	24,7	5,4
Koivu	45,0	22,5	3,6	6,5	7,7
Yht.	76,0	58,8	82,7	44,7	79,4
Runkoja yht.	586	732	2108	2066	703

den rajat ovat numeerisessa muodossa. Pituus ja ikä on mitattu osasta puita pituusboniteetin määrittämiseksi. Jokaisen mitatun pituuden ja PMP-koepuiden paikkatiedot on käytetty leimikoiden sisäisten runkomuotoalueiden muodostamiseen. Sisäisille runkomuotoalueille on määritetty Näslundin pituuskäyrät ja estimoitu pituudet niille puille, joiden pituuksia ei ole mitattu. Pituuskäyrien ja runkomuotoalueiden avulla on jäljitelty leimikoiden todellista pituusvaihtelua. Generoimalla runkomuotoalueiden tasoitetuille pituuksille satunnaisvaihte-

lua aineisto saattaisi olla parempi pituusvaihtelun suhteen, vaikka mitattuja pituuksia onkin runsaasti. Pituusvaihtelu ei tässä tutkimuksessa vaikuta kauppahinnan hajontaan, koska tilavuuden arvioimisesta koituvaa virhettä ei oteta huomioon.

Tässä tutkimuksessa käytetään runkolajien tilavuuksia kauppahintojen laskemisessa ja siten tarvitaan vain runkojen käyttöosien tilavuudet. Leimikoiden kaikkien runkojen eri osien tilavuudet, eri vikaisuuksien läpimitat ja läpimitan mukaan määntyvät puutavaralajien päättymiskorkeudet on laskettu runkokäyräfunktioiden avulla. Laskennassa on käytetty polynomikäyriä.

Aikatutkimuksissa ajan mittaaminen on toteutettu simulointiohjelman käyttämien parametrien pohjalta (taulukko 7). Mittaajana on toiminut yksi henkilö, jonka työstä on eroteltu tutkijan toimesta kullakin hetkellä jokin parametrien kuvaamista toimintoista ja mitattu sen kesto. Näiden kestojen keskiarvot on merkitty parametrien arvoiksi simulointiohjelmalle. Matkat ja niihin käytetyt ajat on mitattu metrille käytetyn keskimääräisen ajan selvittämiseksi. Mittaukset on tehty samana päivänä kahdessa leimikossa tehdyistä hinnoitteluluista. Aikafunktioiden (kuva 5) tiedot on kerätty samassa tutkimuksessa ottamalla ylös laatutiedot ja läpimitat sekä ajanmenekit.

Taulukko 10. Simuloinneissa käytettyjen leimikoiden puustotunnuksia. Tunnukset ovat tilavuudella painotettuja keskiarvoja.

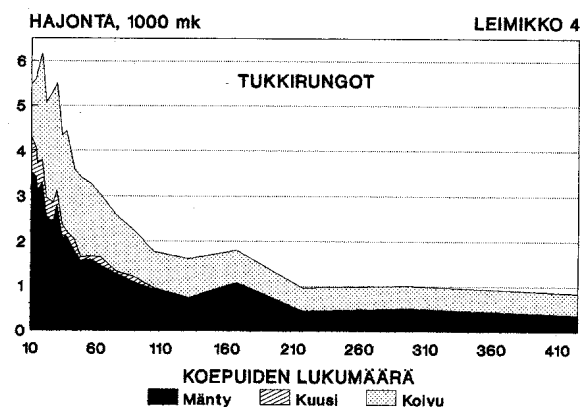
	Leimikon numero				
	1	2	3	4	5
Tukkirunkojen keskiläpimitat, cm					
Mänty	30,8	34,6	29,4	26,6	34,4
Kuusi	35,5	40,0	—	26,1	25,2
Koivu	29,5	27,0	27,6	25,2	35,8
Kuiturunkojen keskiläpimitat, cm					
Mänty	13,4	13,8	15,6	15,7	14,9
Kuusi	17,3	13,9	—	14,8	14,7
Koivu	15,3	15,0	14,0	15,6	14,6
Mäntytukkirunkojen kuivaoksarajan keskikorkeus, m					
	4,95	5,16	6,64	5,28	5,94
Koivutukkirunkojen virheettömän tyviosan korkeus, m					
	5,24	3,81	3,51	5,04	6,94

3. Tulokset

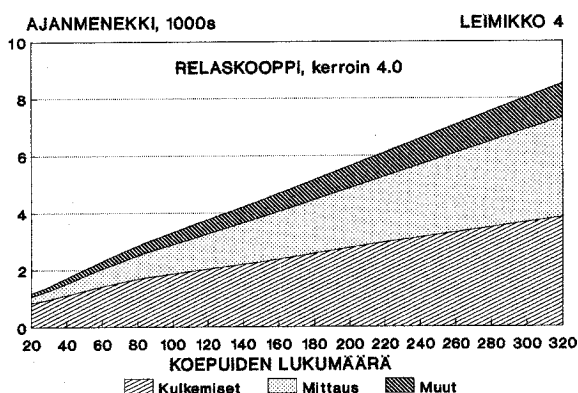
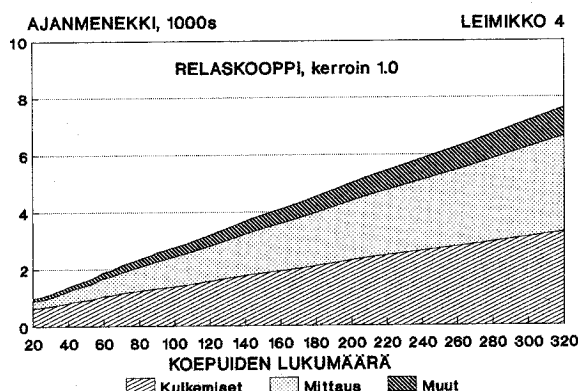
3.1 Kustannusten rakenne

Hinta lasketaan otannalla poimitun koepuujoukon avulla, joten hinnan virhe johtuu erilaisista koepuujoukoista. Valtaosassa ostettavia leimikoita koepuujoukko jakaantuu usean eri runkolajin kesken. Pieni runkolajin frekvenssi leimikolla merkitsee pientä koepuiden osajoukkoa ja pieni osajoukko suurentaa runkolajille laskettavan yksikköhinnan hajontaa (kuva 6). Tämän hajonnan vaikutus kauppahinnan hajontaan riippuu runkolajin osuudesta kauppahinnasta. Runkolajin yksikköhinnan hajontaan vaikuttaa sekin, miten koepuita käytetään hintalaskelmassa. Mäntytukkirunkojen ja koivutukkirunkojen yksikköhinnan hajonta on suurempi kuin kuusitukkirunkojen johtuen kuusitukkirunkojen pienestä hinnan vaihteluvälistä hintalaskelmassa (taulukot 2, 3 ja 4). Tämän tutkimuksen hintalaskelmassa käytetään perushintoja sellaisten leimikolla esiintyvien runkolajien kohdalla, joista ei ole sattunut koepuita otantaan. Näin ollen jokaisen runkolajin ja myös leimikon kauppahinnan hajonnan kustannukset alkavat nolasta (ei koepuita) ja päättyvät noltaan (leimikon kaikki puut koepuina).

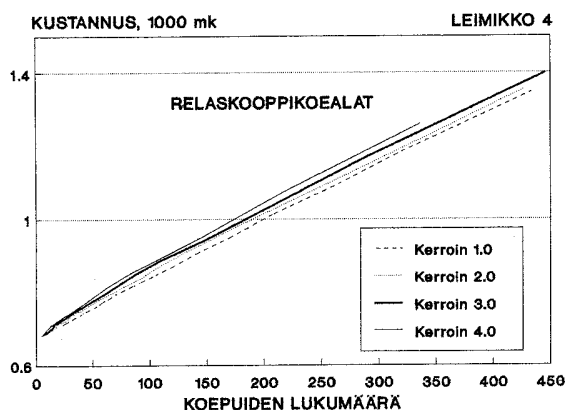
Hinnoittelutyön kustannusten rakenteeseen vaikuttaa ajanmenekin lisäksi monet työntekijöistä ja



Kuva 6. Kauppahinnan hajonnan rakenne leimikossa 4 relaskooppimennellä. Eri tukkirunkolajien osuudet kokonaishajonnasta näkyvät pinta-alana.



Kuva 7. Ajanmenekin jakautuminen eri työlajeille relaskoopin kertoimen ollessa 1 ja 4. Aikaa kuluu enemmän kulkemiseen ja muihin toimintoihin pienennettäessä koaloja.



Kuva 8. Otannan kustannukset käytettäessä eri koelakokoja ja relaskooppiotantaa leimikossa 4.

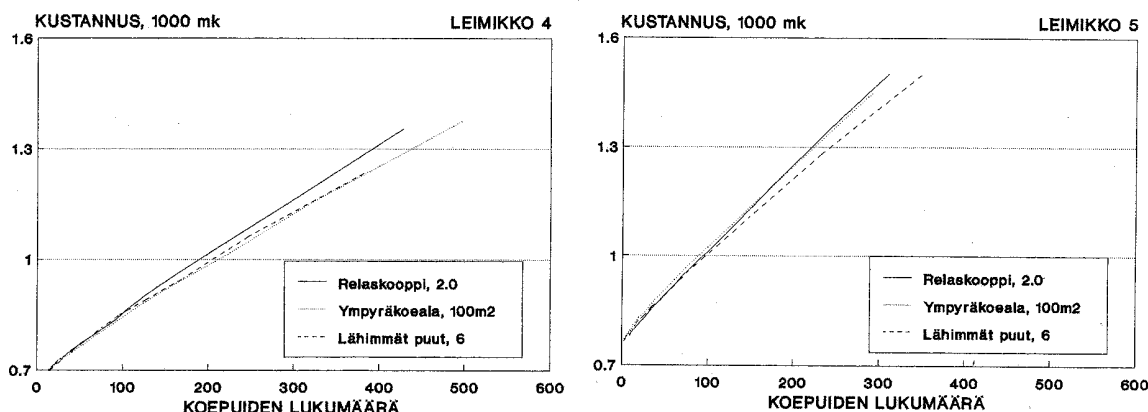
hankinta-alueesta riippuvat tekijät (taulukko 6). Jos tarkastellaan yhden otantamenetelmän eri koelakokojen välisiä eroja ajanmenekissä, aikaa kuluu selvästi enemmän koepuuta kohti käytettäessä pieniä koelakokoja ja koelavälejä (kuva 7). Kulke-
misiin ja muihin toimintoihin, kuten linjojen ja koalojen paikantamisiin sekä suunnan ottoon, kuluu enemmän aikaa käytettäessä pieniä koaloja. Kustannukset ovat kuitenkin tärkein päätöksentekokriteeri, joten aikaerot on muutettava kustannuseroiksi. Eri koelakokojen kustannukset koepuuta kohti eroavat toisistaan vähän (kuva 8).

Eri otantamenetelmien välisiä eroja ajanmenekin

suhteen on vaikea verrata, koska koalojen koko olisi sovitettava samaksi, jotta koelakoosta johtuvat erot voidaan minimoida. Selviä otantamenetelmästä johtuvia eroja on kuitenkin havaittavissa. Lähimpien puiden menetelmässä ei käytetä mittausvälineitä koepuiden valinnassa koaloilta, vaan rajatapaukset tarkistetaan askelparimittauksella. Mittausvälineet ja koepuiden pieni etäisyys koalan keskustasta selittänevät vähäisen kustannuseron tämän menetelmän hyväksi vertailtaessa eri menetelmien kustannuseroja (kuva 9). Relaskooppikoalat ovat vaihtuva-alaisia ja muut tutkimuksen koalat eivät ole. Lisäksi relaskooppiotanta pohjapinta-alaa painottavana otantana kasvattaa laatumittattavien tukkipuiden osuutta koepuujoukossa. Suuri laatumittauksen määrä johtaa työn kustannusten kasvuun koepuuta kohti suhteessa muihin otantamenetelmiin. Erot ajanmenekissä relaskooppiotantaa ja muiden otantamenetelmien välillä ovat sitä suurempia mitä pienempi osuus runkojen lukumäärästä on laatumittattavia runkoja (kuva 9).

3.2 Edulliset menetelmät ja harha

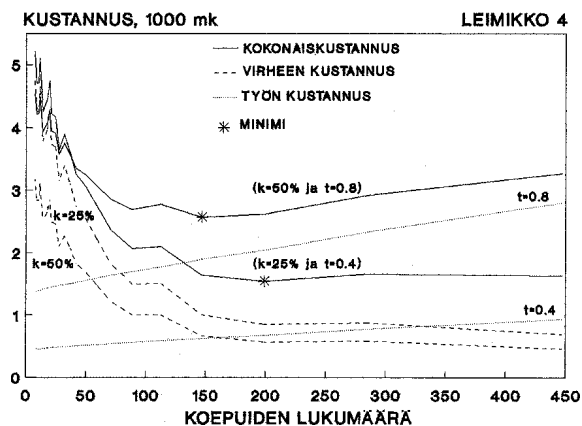
Markkinaolosuhteita kuvaavat muuttujat t ja k vaikuttavat raakapuun hankinnan kustannuksiin paljon ja ne ovat osittain riippuvia toisistaan (kuva 10). Kompensoivien kauppojen suuri määrä (muuttujan k arvon pieneneminen) voi merkitä vähäistä kilpailua hankinta-alueella ja siten myös hylätyjen



Kuva 9. Eri otantamenetelmien kustannuksia koepuujoukon koon suhteen leimikoissa 4 ja 5.

ostotarjousten määrä (muuttuja t) voi olla pieni. Suuri hylättyjen ostotarjousten määrä voi olla merkki kovasta kilpailusta, jolloin solmitaan vähän virhettä kompensoivia kauppoja. Esimerkiksi tiedon puute, hinnannousuodotukset, luottamuspula tms. voi vaikuttaa ostotarjouksen todennäköisyyteen tulla hyväksytyksi ja siten heikentää muuttujien t ja k keskinäistä riippuvuutta. Sekä t että k ovat sidoksissa ostotarjouksen todennäköisyyteen tulla hyväksytyksi.

Simuloitujen toistojen lukumäärä (150) ei ole riittävä tasaisien kauppahinnan hajontakäyrien muodostamiseen ja tämän vuoksi eri koelakokojen käyrät leikkaavat toisiaan eivätkä ole joka pisteessä laskevia. Simuloinnit osoittavat, että koepuujoukon edustavuus paranee kaikilla otantamenetelmillä käytettäessä pieniä koelakokoja. Tämä näkyy siten, että pieniä koelakokoja edustavat kustannuskäyrät sijaitsevat keskimäärin alempana kuin suurten koelakokojen käyrät (kuvat 11, 12 ja 13). Edustavuuden paraneminen on kuitenkin merkittävä vain pienissä koepuujoukoissa. Suurissa koepuumäärissä työn kustannukset vievät edustavuudessa saavutetun pienen hyödyn (kuvat 8, 11, 12 ja 13). Laatuhinnoiteltavien runkojen, erityisesti mäntytykin (tarkka laatuhinnoittelu) osuuden kasvaminen leimikossa lisää edustavuuden merkitystä ja eri otantamenetelmien keskinäisiä eroja. Tämä on havaittavissa vertaamalla muita leimikoita leimikoihin kolme ja viisi (taulukko 9, kuvat 11, 12 ja 13). Suuret koepuumäärät on kerättävä suurilta koelailta



Kuva 10. Kahden muuttujan (t ja k) vaikutus optimiin relaskooppiotannassa. t on hylättyjen ostotarjousten osuus ja k on ylihinnottelua lieventävien kauppojen vaikutus.

ja pienet pienemmiltä koelailta hinnoittelukustannusten minimoimiseksi.

Edullisen menetelmän määrittely on vaikeaa simulointituloksista, koska toistojen määrä ei riitä tarkkojen kustannuskäyrien muodostamiseen. Edullisia menetelmiä olisi haettava leimikoille ja otantamenetelmille määritettävien kustannusminimien avulla (kuva 10). Simulointien tuloksista määritettiin kaikille otantamenetelmille leimikoittain minimi, yhteensä 15 minimiä, joista neljä on epäaitoja (taulukko 11). Epäaitojen minimien määrä on suuri, koska virheen kustannuksien vaikutus kokonais-

Taulukko 11. Eri hinnoittelumenetelmien minimikustannukset ja koepuiden lukumäärän muuttuminen kohotettaessa minimikustannusta 10%. Minimit on poimittu simuloituilta kuvaajilta (kuvat 11, 12 ja 13). Koepuiden minimi lukumäärät kohotetulla kustannustasolla on interpoloitu kuvaajilta.

Otantamenetelmä	Leimikon numero	Minimikustannus *ei aito minimi			Minimi koepuiden lukumäärä kustannusten kohotessa 10 % minimikustannuksesta		
		Koealan koko	Kustannus, mk	Koepuiden lukumäärä	Koealan koko	Kustannus, mk	Koepuiden lukumäärä
Relaskooppi- menetelmä	1	4	1885,54	107,6	4	2074,09	93,5
	2	1	1800,80	167,4	1	1980,88	150,4
	3	2	3362,10	394,4	3	3698,31	192,8
	4	2	1832,58	216,8	3	2015,84	143,8
	5	4	1932,44	122,9	4	2125,68	102,9
Ympyräkoela- menetelmä	1	200 m ²	1916,16	264,6	100 m ²	2107,78	86,0
	2	200 m ²	2108,32*	342,4	200 m ²	2319,15	230,8
	3	200 m ²	3310,87*	440,4	200 m ²	3641,95	312,1
	4	100 m ²	1972,94	221,9	100 m ²	2170,23	182,9
	5	25 m ²	2063,10	225,7	200 m ²	2269,41	142,6
Lähimpien puiden menetelmä	1	6	1881,44	195,3	6	2069,58	118,1
	2	3	2132,95*	390,1	12	2346,24	170,3
	3	9	3069,21*	439,6	9	3376,13	382,1
	4	12	2120,62	251,4	6	2332,68	121,2
	5	3	2008,19	205,3	3	2209,01	152,5

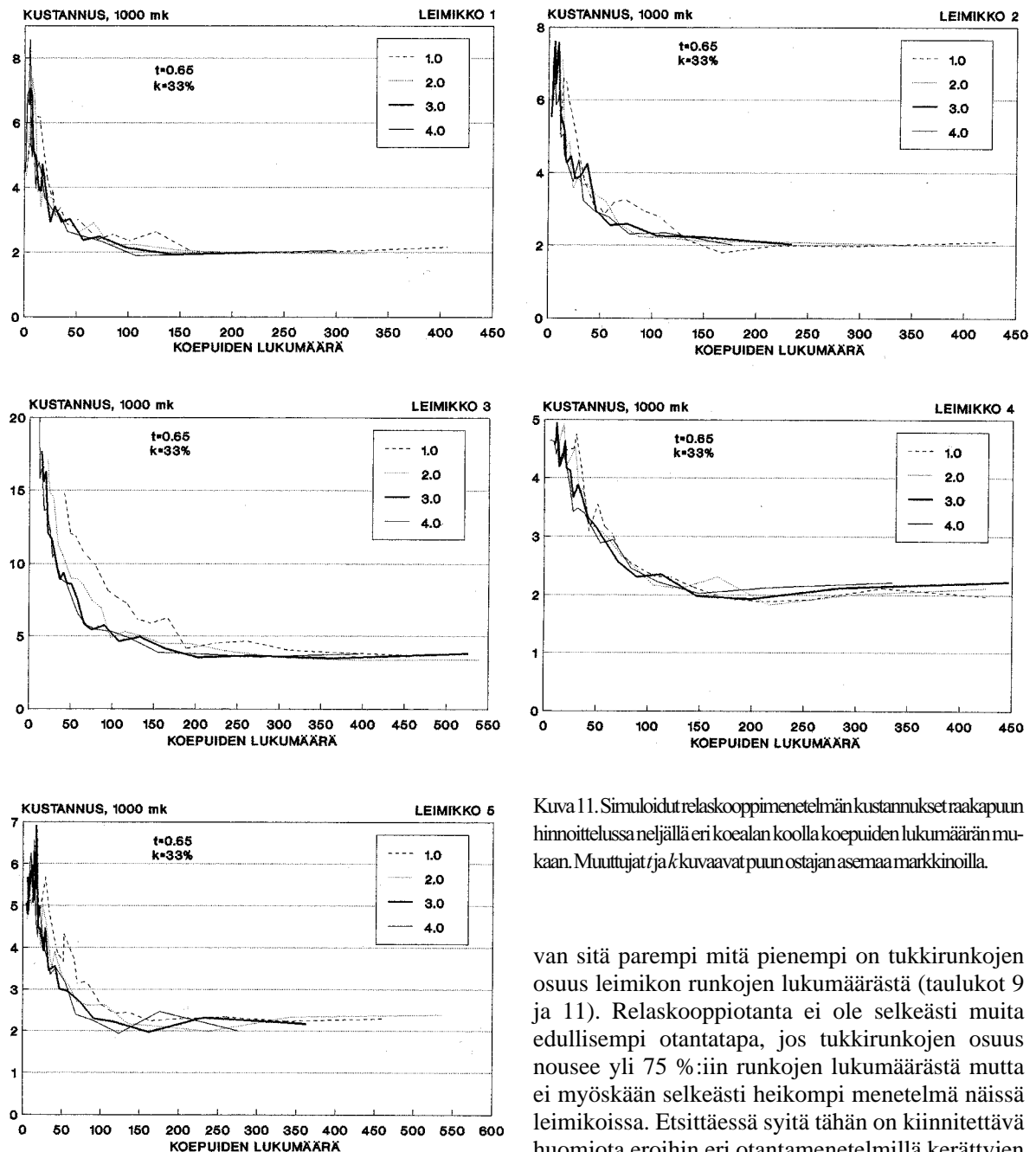
Taulukko 12. Eri ostantamenetelmillä kerättyjen koepuujoukkojen koostumus. Luvut taulukossa osoittavat tukkinunkojen osuuksia kaikista koepuujoukon koepuista.

	Leimikon numero				
	1	2	3	4	5
Relaskooppi					
Mänty	36,7	56,2	92,4	22,9	82,5
Kuusi	1,1	2,3	–	39,5	3,2
Koivu	56,1	28,2	2,7	9,7	9,7
Yht	93,9	86,7	95,1	72,1	95,5
Ympyräkoela					
Mänty	30,3	33,8	80,5	13,4	66,7
Kuusi	1,0	1,0	–	24,9	5,5
Koivu	46,6	23,2	3,1	6,5	7,5
Yht	77,9	58,0	83,6	44,8	79,7
Lähimmät puut					
Mänty	28,5	35,8	84,4	15,4	67,1
Kuusi	1,4	1,2	–	25,4	5,3
Koivu	52,0	20,7	2,9	6,4	8,6
Yht	81,9	57,8	87,4	47,3	81,1

Taulukko 13. Hinnoittelumenetelmillä simuloitut kauppahinnat leimikoille ja menetelmien harhat. Tarkat kauppahinnat on laskettu kaikkien leimikon puiden avulla. Arvot ovat markkoja (mk).

	Leimikon numero				
	1	2	3	4	5
Tarkat kauppahinnat					
	71718	58744	211915	76690	124089
Relaskooppi					
Tulos	71047	58238	209115	76138	123678
Harha	–671	–506	–2800	–552	–411
Ympyräkoela					
Tulos	67663	51807	192801	73638	119859
Harha	–4055	–6937	–19144	–3052	–4230
Lähimmät puut					
Tulos	68075	51709	199552	73204	120287
Harha	–3643	–7035	–12363	–3486	–3802

kustannuksiin on suuri laskettaessa kustannukset esitetyillä muuttujien t ja k arvoilla. Myöskin kustannuksien muuttuminen tasaantuu ennen kuin minimi saavutetaan ja tulos on siten altis toistojen keskiarvon keskivirheen vaikutuksille. Tasaantu-

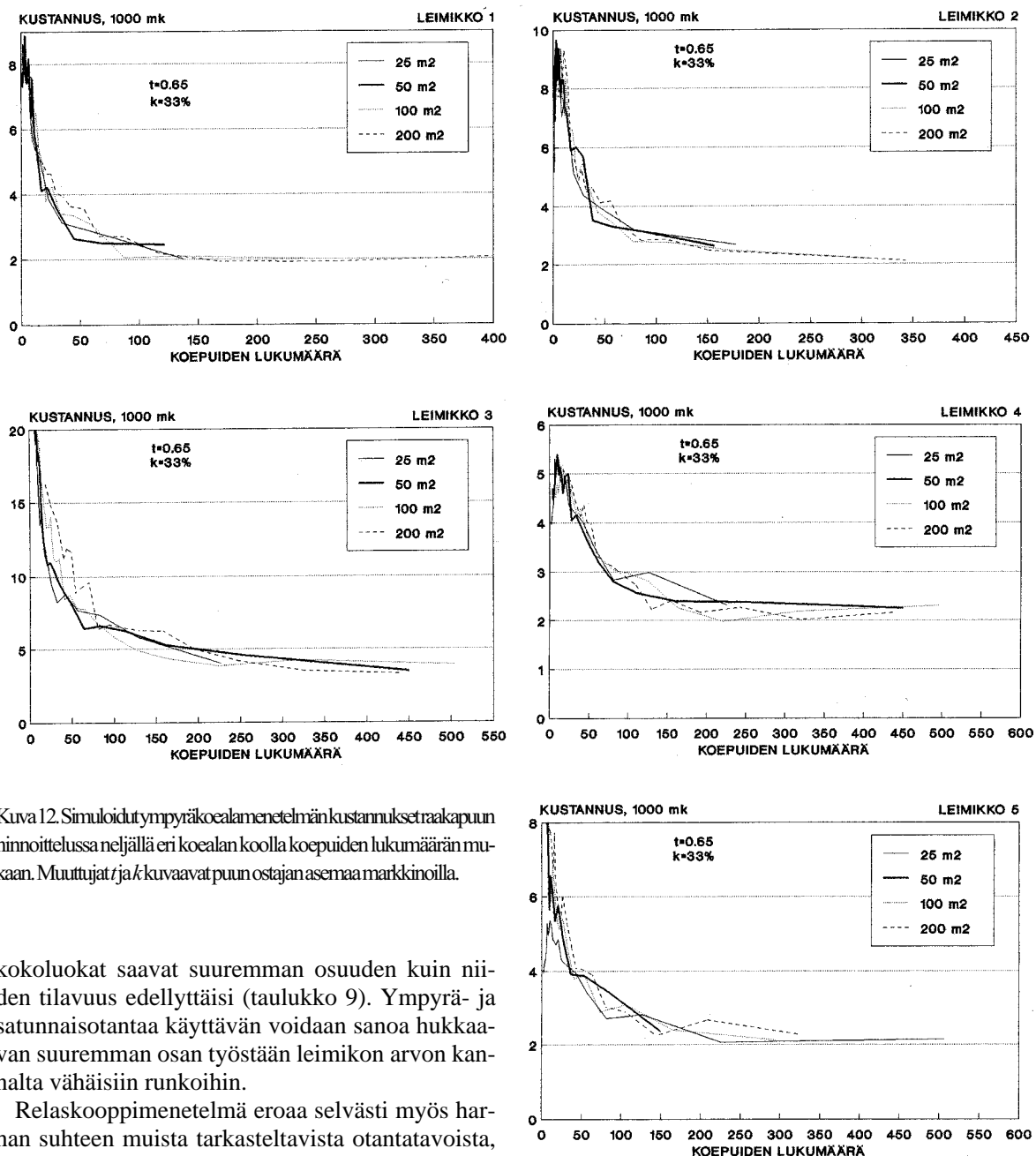


Kuva 11. Simuloidut relaskooppimenetelmän kustannukset raakapuun hinnoittelussa neljällä eri koelan koolla koepuiden lukumäärän mukaan. Muuttujat t ja k kuvaavat puun ostajan asemaa markkinoilla.

minen on havaittavissa koepuujoukon pienenemisenä jopa yli sadalla sallittaessa 10 % kustannusten nousu menetelmä-leimikko-minimien (taulukko 11) kustannustasosta (kuvat 11, 12 ja 13).

Tulokset osoittavat relaskooppimenetelmän ole-

van sitä parempi mitä pienempi on tukkirunkojen osuus leimikon runkojen lukumäärästä (taulukot 9 ja 11). Relaskooppitanta ei ole selkeästi muita edullisempi otantatapa, jos tukkirunkojen osuus nousee yli 75 %:iin runkojen lukumäärästä mutta ei myöskään selkeästi heikompi menetelmä näissä leimikoissa. Etsittäessä syitä tähän on kiinnostava huomiota eroihin eri otantamenetelmillä kerättyjen koepuujoukkojen koostumuksissa. Ympyräkoela- ja satunnaisvalintaotanta mukailevat runkojen frekvenssijakaumia (taulukko 12). Runkojen frekvenssijakaumia mukailevat otannat antavat tulokseksi sellaisia koepuujoukkoja, joissa leimikon arvon kanalta vähemmän merkitsevät runkolajit ja runkojen

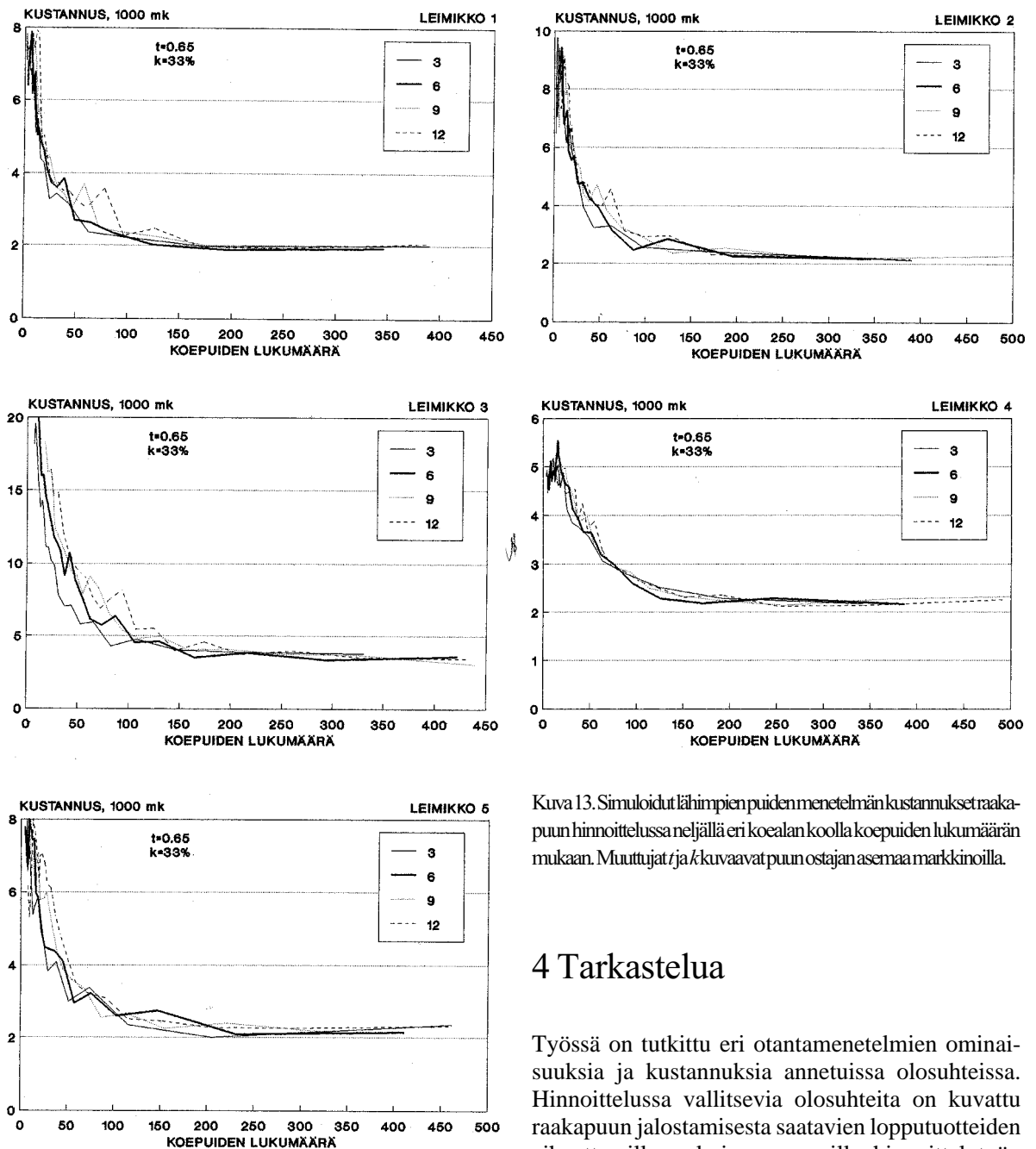


Kuva 12. Simuloidut ympyräkoelamenetelmän kustannukset raakapuun hinnoittelussa neljällä eri koealan koolla koepuiden lukumäärän mukaan. Muuttujat t ja k kuvaavat puun ostajan asemaa markkinoilla.

kokoluokat saavat suuremman osuuden kuin niiden tilavuus edellyttäisi (taulukko 9). Ympyrä- ja satunnaisotantaa käyttävän voidaan sanoa hukkaavan suuremman osan työstään leimikon arvon kannalta vähäisiin runkoihin.

Relaskooppimenetelmä eroaa selvästi myös harhan suhteen muista tarkasteltavista otantatavoista, koska keskiarvot lasketaan samoin kaikissa otannoissa (taulukko 13). Runkohinnoittelussa suurien ja pienien tukkirunkojen arvoerot ovat suuria johtuen kuituosuuden jyrkästä pienenemisestä rungon järeyden kasvaessa. Tämän vuoksi harhat ovat suuria käytettäessä ympyrä- tai satunnaisotantaa ja lisäksi negatiivisia. Harha ei ole aina negatiivinen

puutavaralajihinnoittelussa, koska järeistä rungoista saatava tukki ei ole aina arvokkaampaa kuin pienempien runkojen tukki (Kärkkäinen 1980, Kärkkäinen ja Kallinen 1982, Uusitalo 1989), kun taas järeämmät tukkirungot ovat pienemmän kuituosansa



Kuva 13. Simuloidut lähimpien puiden menetelmän kustannukset raaka-puun hinnoittelussa neljällä eri koealan koolla koepuiden lukumäärän mukaan. Muuttujat t ja k kuvaavat puun ostajan asemaa markkinoilla.

4 Tarkastelua

Työssä on tutkittu eri otantamenetelmien ominaisuuksia ja kustannuksia annetuissa olosuhteissa. Hinnoittelussa vallitsevia olosuhteita on kuvattu raakapuun jalostamisesta saatavien lopputuotteiden aiheuttamilla runkojen arvoeroilla, hinnoittelutyön kustannuksilla ja raakapuumarkkinoiden rakenteella. Lopputuotteiden hintaeroista päästään suoraan runkojen arvokäyriin vain mäntytukissa, muiden puulajien hinnan määrittely on otettu annettuna tietona. Raakapuumarkkinoiden rakennetta on kuvattu muuttujilla t ja k . Muuttuja t kuvaa hylättyjen

vuoksi miltei poikkeuksetta arvokkaampia kuin pienet rungot (Jalkanen 1993). Otantamenetelmien harhat ovat siis erityisen merkittäviä runkohinnoittelussa.

ostotarjouksien osuutta kaikista esitetyistä ostotarjouksista ja muuttuja k kuvaa hinnoittelun virheen kustannusta kompensoivien kauppojen vaikutusta. Kehitetty kustannusten laskenta antaa mahdollisuuden tutkia markkinoilla tapahtuvien muutosten vaikutusta hinnoittelun kannattavuuteen.

Kuiturunkoja ei laatu hinnoitella tämän tutkimuksen hintalaskelmassa lainkaan. Kuitupuu hinnoiteltiin vain korjuukustannusten mukaan ja osto-otannat ovat kuitupuuleimikoissa tarpeettomia. Käytännössä ainakin ensiharvennuskohteet ovat tällaisia leimikoita. Tutkimuksessa ei oteta kantaa siihen, esiintyykö eri laatuisten kuitupuuerien jalostusarvoissa sellaista vaihtelua, että osto-otannat kuitupuuleimikoissa tulevat kannattaviksi.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että keskiarvojen laskentamenetelmien soveltaminen erikseen kullekin otantamenetelmälle keskihintasäännön (kaava 1) mukaan on hinnoittelussa välttämätöntä. Otantatapojen väliset erot ovat suuria ja kaikissa otantatavoissa on harhaa käytettäessä yhtä yksinkertaista keskiarvojen laskentatapaa. Oman hintalaskelman kehittäminen jokaiselle otantamenetelmälle ja laskelmien testaaminen simuloimalla sekä uudet kauppahintojen hajontasimuloinnit ovat tarpeen.

On huomattava, että koepuujoukon kokoa leimikon pinta-alayksikköä kohti ei ole kannattavaa rajoittaa suurtenkaan leimikoiden kohdalla. Yleistäen pienissä leimikoissa kannattaa käyttää pieniä koealakokoja otannan edustavuuden vuoksi ja suurissa leimikoissa on käytettävä suuria koealakokoja kustannusten vuoksi.

Hinnoittelun kannattavuuden seurantaan soveltuu laskentamenetelmä, joka sisältää simulointikel-poista leimikkoaineistoa ja raaka-aine-lopputuote-analyysien aineistoa, kuten koehausaineiston. Eri puutavaralajeista jalostettavien lopputuotteiden hintojen, tietojen raakapuumarkkinoista ja eri kustannuslajeja edustavien muuttujien tulisi olla vapaasti muunneltavia lähtötietoja laskentajärjestelmissä, joka tekisi erillisistä osatekijöistä saumattoman kokonaisuuden.

Arvofunktioiden avulla lopputuotteiden hintatiedot ja puutavaralajien tai runkojen hinnat saadaan vastaamaan toisiaan. Arvofunktioiden laskennassa tarvitaan vain riittävän tarkka ja edustava raaka-aine-lopputuoteaineisto. Tutkimuksessa käytetystä mäntytukkien koehausaineistosta (Uusitalo 1989)

on laskettu arvofunktiot myös mäntytukille käyttäen kuivaoksarajaa arvoa kuvaavana runkotunnukseksi. Arvot on laskettu runkojen tukkiosille. Laskennassa on käytetty samoja läpimittaluokkia ja laskentaperiaatteita kuin I-luokan suhteen lasketuissa arvofunktioissa (Jalkanen 1993). Mikäli raakapuun ostaja voi riittävän tarkasti määrittellä esim. eri sahatavaraluokkien riskit ja kustannukset, ne on mahdollista ottaa huomioon raaka-aineen hinnoittelussa käyttämällä riskien mukaan korjattuja sahatavaraluokkien hintoja arvokäyrien laskennassa. Näin päästään suoraan saheidon hinnoista arvoeroihin ja sitä kautta hintalaskelman vastaava korjaaminen on mahdollista. Koska tukkien järeydellä on merkittävä vaikutus sahaamisen kustannuksiin (Hakala 1992), järeyden kustannusvaikutus olisi otettava mukaan mäntytukin arvofunktioihin. Tämä lisäisi entisestään arvoeroja eri laatuisten runkojen kesken ja kasvattaisi hinnoittelun tarkkuuden merkitystä. Arvofunktiot antavat yrityksille mahdollisuuden hallittuun yrityksen omiin tarpeisiin perustuvaan puun hankintaan.

Muuttujien t ja k yhdistäminen voi parantaa esitettyä hinnoittelun kustannuslaskentaa. Muuttuja k osoittaa hyväksytyjen ostotarjousten sijoittumisen suhteessa kaikkiin esitettyihin ostotarjouksiin (kuva 3). Kauppahinnan hajonnasta koituvat kustannukset voidaan laskea myös ilman muuttujan k avulla tehtävää korjausta, jos tiedetään, millä todennäköisyydellä eri suuruiset kauppahinnat hyväksytään. Todennäköisyys kauppahinnan hyväksymiselle voi olla esim. 100 % silloin, kun poikkeama (s^+ kaavassa 3) ylittää tietyn rahamäärän tai on suhteessa kauppahintaan tietyn suuruinen sekä 0 % silloin, kun vastaava alitus (s^- kaavassa 3) on tietyn suuruisen. Ostotarjouksen hyväksymisen mallittaminen todennäköisyyden avulla antaa mahdollisuuden myös $t:n$ arvon määrittämiseen saman mallin avulla. Hyväksymismalli voi olla paikallaan rakentaa sellaiseksi, että se reagoi myös leimikon puutavaralajijakaumaan tai muuhun puustosta kertovaan tunnuksen. Puutavaralajijakauma vaikuttaa usein leimikoiden kysyntään.

Runkohinnoittelu ja esitetty hintalaskelma on käsiteltävä tässä tutkimuksessa esimerkkinä ja vain yhdeksi lukuisien vaihtoehtoisten hinnoittelutapojen joukosta valituksi tavaksi. Hintalaskelman kehittäminen ja jakaminen selkeästi korjuukustannus-

osaan ja laatuosaan on tarpeellinen sekä erillinen tutkimisen kohde. Esimerkiksi arvofunktioiden laskeminen muillekin puutavaralajeille kuin mäntytykkille ja niihin liittyvien laskentajärjestelmien rakentaminen lisääisi puun hinnan riippuvuutta laadusta ja parantaisi hinnoittelun ohjattavuutta. Myös metsänomistajien luottamus hinnoitteluun saattaisi kohota. Esitetyt kustannusten laskentamenetelmät ja simulointi soveltuvat kaikkeen hinnoittelun tutkimiseen. Simulointi soveltuu sellaisenaan muuhunkin otantamenetelmiä koskevaan tutkimukseen.

Kirjallisuus

- Hakala, H. 1992. Mäntytykkien sahausksen järeyden mukainen taloudellinen tulos ja siihen vaikuttavia tekijöitä. *Acta Forestalia Fennica* 226.
- Halinen, M. 1984. Laatumaksutavan vaatiman mittaus-työn ajanmenekki ja kustannukset. *Metsätehon julkaisu*. 15 s.
- Heiskanen, V. & Siimes, F. E. 1959. Tutkimus mäntysahatukkien laatuluokituksesta. *Paperi ja puu* 41(8): 359–368.
- Hirshleifer, J. 1988. *Price theory and applications*. Prentice Hall, Los Angeles-New Jersey. 563 s.
- Jalkanen, P. 1993. Raakapuun hinnoittelu ja kustannusten optimointi. Pro gradu-työ. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta. 67 s.
- Kärkkäinen, M. 1980. Mäntytykkirunkojen laatuluokitus. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 96(5). 152. s.
- & Kallinen, J. 1982. Kemin seudun mäntytykkien koesahaustuloksia. *Folia Forestalia* 521. 16 s.
- Lallukka, H.H. 1986. *Tapion Taskukirja*. Keskusmetsälautakunta Tapion julkaisuja. 20. painos. s. 428–434.
- Maataloustuottajain keskusliiton metsävaltuuskunnan ja Suomen Metsäteollisuuden keskusliiton tukkien ja kuitupuiden hintasuositus 1.4.1990–31.3.1991. *Etelä-Suomi. Moniste*. 40 s.
- Mäkelä, M. 1990. Menetelmä leimikon hinnoittelu- ja suunnittelutietojen määrittämiseksi. *Metsätehon katsaus* 7/1990.
- Tapion Taskukirja 1994. Keskusmetsälautakunta Tapion julkaisuja. 24. painos. 640 s.
- Uusitalo, J. 1989. Sahatavaran arvon ennustaminen mäntytykkileimikosta. Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto, Metsätalouden liiketieteen laitos. 45 s.

12 viitettä

Liite 1. Simulointileimikoiden mittausohjeet

Mitattavat tunnuks:

Leimikkotunnukset:

Ikä mitataan noin 5:stä puusta 100:a puuta kohti kaikista leimikoista. Ikätiedot merkitään lomakkeisiin vastaavien koepuiden kohdalle. Seuraavat leimikkotiedot mitataan:

- Ikä
- Kasvupaikka
- Maastoluokka
- Yhtenäiskoordinaatistotiedot

Yhtenäiskoordinaatistotietoja käytetään leimikon paikan-
tamiseen peruskartalla. Tunnukset ovat yleisesti käytet-
tyjen määritelmien mukaisia.

Runkolajitunnukset:

Mitataan jokaisesta leimikon puusta. Kuiturunkojen ja tukkirunkojen mitattavat tunnuksat eroavat toisistaan mm. laatutunnusten suhteen. Seuraavat runkolajitunnukset mitataan:

Kuiturungot:

- D_{1.3}
- Tyvi- ja runkoviati, lengon ym. vikaisen tyviosuuden pituus (jos koko rungon käyttöosa on vikainen, merkitään myös koko pituus) sekä vian laatu
- Oksaraja MÄK- ja KOK-rungoista (KOK kuivaoksa)

Tukkirungot:

- D_{1.3}
- Kuivaoksaraja
- Virheettömän tyviosan pituus
- 1. luokan tyvitukin pituus (laatutyvi)
- 1. luokan tukin päättymisen syy jos muu kuin oksaraja
- Tukkioksan päättymiskorkeus ja syy jos muu kuin dimensiot
- Tyvi- ja runkoviati

Runkolajitunnusten määritelmät löytyvät mittauslomakkeen selostuksesta ja määrittelyistä (liite 2).

Koordinaatit:

Mitataan jokaisesta leimikon puusta. Koordinaatit mitataan leimikkokohtaisesti normaalia 2-akselista taso-koordinaatistoa käyttäen. Koordinaattien mittausta varten leimikko pilkotaan suunnikkaiksi, joista tarkemmin määrittelyissä (liite 2).

Liite 2. Simulointileimikoiden mittauslomakkeen selostus

Seuraavassa selostetaan, mitä kukin lomakkeen sarakkeen tunnus (tunnukset merkitty ISOIN kirjaimin) tarkoittaa siinä järjestyksessä, kun tunnukset ovat lomakkeella. Mitattavat tiedot esitetään vielä tarkemmin erillisessä määrittelyosassa.

- LINJAT, jokaiseen lomakkeeseen merkitään koordinaattialueiden (katso määrittelyt) linjatiedot, pystylinjat (Y) merkitään arabialaisin numeroin (1,2...) ja poikkilinjat (X) roomalaisin numeroin (I,II...), esim. I2.
- RUNKOLAJI, käytetään PMP-ohjeiden mukaisia runko-lajitunnuksia, 11=MÄT, 12=MÄK, 21=KUT, 22=KUK, 31=KOT, 32=KOK, 41=HAT, 42=HAK, 52=LEK.
- D_{1.3}, mitataan käyttäen 2 cm tasaavaa luokitusta ja ± 0 -apuluokitusta.
- KOORD., tarkoittaa X–Y-koordinaatistoa. Koordinaatit mitataan 1 cm tarkkuudella jokaisen linjoin rajatun suunnikkaan sisällä olevista PTL-vaatimukset täyttävistä rungoista (katso määrittelyt).
- IKÄ, mitataan kairaamalla, ikälisiä ei lisätä kairattuihin rinnankorkeuksiin ja noin 3–5 runkoa/100 runkoa kairataan. Huom. ikäpuista mitataan myös pituus boniteettia varten.
- VIRHEETÖN, tarkoittaa MÄT- ja KOT-runkojen täysin virheettömän tyviosan pituutta, (katso määrittelyt), kohtaan TUNNUS merkitään virheettömän osan päättymisen syy jos se on jokin muu kuin oksat (vikojen koodit määrittelyssä).
- I JA KOT 15dm, 1. laatuluokan tukin pituus sekä vanerirunkojen oksattoman vanerin laatuvaatimukset täyttävän koivutukin pituus. Laadun päättymisen syy merkitään kohtaan TUNNUS (katso VIRHEETÖN). Kohtaan PÖLK. merkitään tyvitukin lisäksi saatavien oksattomien 15 dm vaneripölkkyjen lukumäärä, jos oksatonta vaneria on rungossa tyvitukin yläpuolella.
- RUNKOVIKA, runkovian alkamiskorkeus merkitään tukki- ja kuiturunkoihin, jos tyviosasta saadaan tukkia tai kuitulajeista tehtäviä erikoispuutavaralajeja eikä ko. vika ole korjattavissa apteeraten. Kohtaan TUNNUS (katso määrittelyt) merkitään runkovian laatu koodina.
- TYVIVIKA, mitataan päättymiskorkeutena alkaen

katkaisukohdasta, myös tyvivian laatu koodataan kohtaan TUNNUS vastaavassa sarakkeessa.

- KUIVAOKSA, kuivaoksaraja mitataan MÄT-rungoissa juurenniskasta alimpaan 15 mm läpimittaiseen kuivaan oksaan.
- KUIDUN OKSA, MÄK-rungoista mitataan rungon osan pituus, jossa ei ole näkyviä oksia ja KOK-rungoista oksaisuudeltaan parrun vaatimukset täyttävän rungon osan pituus, mikäli ko. runkolajit muuten täyttävät parrun vaatimukset (katso määrittelyt).
- PITUUS, mitataan boniteetin määrittämiseksi ikäkairatuista puista.

Määrittelyt (Simulointileimikoiden mittausohjeet)

Kaikki ne rungot, joista saa tukkia, käsitellään mittauksissa tukkirunkoina. Jokainen 3 metrin korkeudelta 5 cm täyttävä runko sekä PMP-leimatut maapuut mitataan. Leimikko jaetaan PMP- ja poikkilinjojen avulla pienempiin suorakaiteen muotoisiin koordinaattialueisiin, jotta koordinaattien mittaus olisi helpompaa ja tarkempaa. Linjatiedot (lomakkeen sarake LINJAT) on merkittävä, jotta alueiden koordinaattitiedot olisi yhdistettävissä yhteiseksi koko leimikon käsittäväksi koordinaatistiksi. Läpimitta ja koordinaatit merkitään lomakkeisiin cm:nä ja muut mitat desimetreinä. Sellaiset päättymiskorkeudet, jotka on vaikea mitata mittakepillä, on mitattava hybsometrillä. Silmävaraista päättymiskorkeuden arviointia ei käytetä. Mitattavat tunnukset on lueteltu vielä runkolajeittain jäljempänä.

Mittauslomakkeisiin merkitään kohtiin TUNNUS koodinumerot, joilla ilmaistaan mittauskohdan sijoittumisen syy. Lomakkeen kaikissa koodisarakkeissa käytetään samoja koodi-numeroita. Vikakoodit ovat seuraavia:

- 1 – tuoreoksaiset + haarat
- 2 – kuivaoksaiset + laho-oksaiset
- 3 – mutkaiset
- 4 – lengot
- 5 – lahot/koroiset + epämuodostumat
- 6 – sinistyneet
- 7 – korjuuvauriot
- 8 – maapuut
- 9 – pystykelot

Tunnuksien selityksiä

VIRHEETÖN – Virheettömän tyviosan pituus tarkoittaa täysin oksatonta, oksakyhmytöntä, muodoltaan virheetöntä ja 1. laatuluokan lenkousvaatimukset täyttävää rungon osaa tyvestä lähtien. Virheettömiin KOT-runkojen on siis muun virheettömyyden lisäksi oltava sahauskelpoisia. KOT-rungoissa sallitaan virheettömälle tyvitukille 15 dm tyveäminen ja MÄT-rungoissa 10 dm tyveäminen. Virheetön mitataan aina riippumatta tyvitukista tai virheettömän osan pituudesta. Vikakoodia käytetään, jos päättymisen syy muu kun oksaisuus.

I JA KOT 15 DM – 1-laatuluokan vaatimuksien mukaisen tyvitukin pituus. MÄT:n 1-laadussa ei sallita lahoja oksia eikä oksakyhmyjä. KOT-rungoista mitataan oksattoman vanerin laatuvaatimukset täyttävän vaneritukin pituus. Vikakoodia käytetään, jos päättymisen syy muu kun oksaisuus.

RUNKOVIKA – Mikäli tukkirungon runkovika on latvaosassa läpimittojen määräämän tukkiosan ulkopuolella, vikaa ei mitata. Myöskään sellaista runkovikaa ei mitata, joka on korjattavissa apteeraten siten, ettei kuitupuuta tarvitse ottaa välistä. Jos kuiturunko on kokonaisuudessaan vikainen siten, että erikoispuutavaralajeja ei saada, merkitään tämä TYVIVIKA-sarakkeeseen K-kirjaimella ja vikakoodilla. Tyvivian ja runkovian ero on siis tyven käyttökelpoisuudessa, eli runkovika merkitään, mikäli tyvestä saadaan muuta PTL kun kuitua.

TYVIVIKA – Tyvivika vikakoodataan samoin kun runkovika. Jos rungossa on sekä tyvi- että runkovika ja vikojen väliseltä alueelta saadaan muuta PTL kun kuitua, merkitään molemmat viat. Tyvivika siis päättymiskorkeutena ja runkovika alkamiskorkeutena. Kuiturungossa lenkous käsitetään vikana, mikäli rungon lenkous ylittää pylvään vaatimukset. Tyvivian korkeus määräytyy nykyisten tukkirunkojen ja erikoispuurunkojen koskevien apteerausohjeiden mukaisesti.

KUIDUN OKSA – MÄK-rungon näkyvän oksan raja tarkoittaa ensimmäisen näkyvän tuoreen tai kuivan oksan korkeutta ja oksaraja mitataan kaikista MÄK-rungoista. KOK-rungoissa huomioidaan vain kuivat oksat ja kuivaoksaraja mitataan kaikista parrua antavista KOK-rungoista. KUK-rungoista ei mitata oksaisuutta.

Mitattavat tunnuksat runkolajeittain

Kaikista runkolajeista mitataan seuraavat tiedot:

- D_{1.3}
- Koordinaatit

Tunnukset runkolajeittain:

MÄT

- Virheetön
- 1-laatu (I)
- Runkovika
- Tyvivika
- Kuivaoksa

MÄK

- Runkovika
- Tyvivika
- Kuidun oksa

KUT

- Runkovika
- Tyvivika

KUK

- Runkovika
- Tyvivika

KOT

- Virheetön
- KOT 15 dm (oksaton vaneri)
- PÖLK (15dm oksattomat osat)
- Runkovika
- Tyvivika

KOK

- Runkovika
- Tyvivika